

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

**Tvorba projektové dokumentace dobíjecích
stanic pro elektrobusy**
DIPLOMOVÁ PRÁCE

2021

Bc. Václav Matuszný

Tvorba projektové dokumentace dobíjecích stanic pro elektrobusy

The creation of project documentation for electric bus charging stations

Bc. Václav Matuszný

Diplomová práce

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Mlčák, Ph.D.

Ostrava, 2021

Abstrakt

V této diplomové práci na téma „Tvorba projektové dokumentace dobíjecích stanic pro elektrobusy“ je cílem navrhnout dobíjecí stanice, včetně kioskové trafostanice. Dobíjecí stanice jsou pro pět elektrobusů s tím, že dvě jsou rychlonabíjecí stanice s výkonem 173 kW a pět nabíjecích stojanů s výkonem 44 kW. Součástí je také návrh kioskové trafostanice s transformátorem o výkonu 630 kVA.

Práce je rozdělena na pět částí. První část pojednává o projektové činnosti a platné legislativě. Ve druhé části jsou popsány možnosti způsobů nabíjení a druhy trafostanic. Třetí část diplomové práce navrhuje konkrétní koncepci řešení dobíjecích stanic. Ve čtvrté části je vypracována kompletní projektová dokumentace s potřebnými výpočty pro bezpečný a spolehlivý provoz. Závěrečná část je zaměřena na kalkulaci investičních nákladů na výstavbu díla podle vytvořené projektové dokumentace.

Klíčová slova

Dobíjecí stanice, trafostanice, elektrobus, transformátor, projektová dokumentace

Abstract

This thesis called „The creation of electric bus charging station project documentation“ aims to propose a design of a charging station including a kiosk substation. The charging stations are designed for 5 buses; two of them are fast-charging stations with the power output of 173 kW and there are five more stations with the power output of 44 kW. The thesis also includes a draft of a kiosk substation that features a transformer with the power output of 630 kVA.

The thesis is divided into 5 parts. The first part deals with project design and current legislation. The second part is dedicated to available charging methods and the description of substation types. The third part delineates a concrete concept of charging stations. The fourth part includes a complete project documentation with the calculations required for a safe and reliable operation. The final part of this thesis focuses on the calculation of investment costs related to the implementation of this construction project based on the project documentation.

Key words

Charging stations, substation, electric bus, transformer, project documentation

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu diplomové práce panu Ing. Tomáši Mlčákovi, Ph.D. za odborné rady, profesionální přístup a příjemnou spolupráci. Poděkování patří v neposlední řadě mé rodině, která mě při psaní této práce podpořila.

Obsah

Seznam použitých zkratk.....	- 8 -
Seznam použitých symbolů.....	- 10 -
Seznam ilustrací.....	- 11 -
Seznam tabulek.....	- 12 -
Úvod	- 13 -
1 Projektová činnost.....	- 14 -
1.1 Projektant silnoproudých zařízení.....	- 14 -
1.1.1 Vznik oprávnění projektanta	- 14 -
1.2 Právní předpisy a technické normy	- 15 -
1.3 Legislativa	- 16 -
1.3.1 Energetický zákon.....	- 16 -
1.3.2 Stavební zákon.....	- 16 -
1.4 Projektová dokumentace	- 17 -
1.4.1 Druhy projektové dokumentace.....	- 18 -
2 Možnosti dobíjecí stanice a trafostanice.....	- 20 -
2.1 Způsoby dobíjení elektrobuse	- 20 -
2.1.1 Noční nabíjení.....	- 20 -
2.1.2 Noční a polední nabíjení.....	- 20 -
2.1.3 Nabíjení na konečných stanicích	- 21 -
2.1.4 Kinematické nabíjení – parciální trolejbus	- 21 -
2.1.5 Automatizovaná výměna baterie	- 22 -
2.2 Způsoby připojení k nabíjecí infrastruktuře	- 22 -
2.2.1 Kabel	- 22 -
2.2.2 Sběrač – pantograf	- 23 -
2.2.3 Bezkontaktní (indukční) nabíjení	- 24 -
2.3 Typy nabíjení elektrobuse	- 24 -
2.3.1 Pomalý způsob nabíjení.....	- 25 -
2.3.2 Rychlonabíjení	- 25 -
2.4 Typy zásobníků elektrické energie	- 26 -
2.5 Trafostanice	- 27 -
3 Návrh koncepce řešení dobíjecí stanice pro elektrobuse	- 29 -

3.1	Návrh koncepce řešení dobíjecích stanic	- 29 -
3.1.1	Parametry elektrobusů SOR EBN 11	- 30 -
3.1.2	Parametry rychlé dobíjecí stanice	- 31 -
3.1.3	Parametry pomalé dobíjecí stanice	- 31 -
3.1.4	Vlastní návrh řešení dobíjení	- 31 -
3.2	Návrh koncepce trafostanice	- 32 -
3.2.1	Výběr typů kioskové stanice	- 33 -
3.2.2	Výběr transformátoru	- 33 -
3.3	Návrh rozvaděčů a kabelových tras pro napojení technologie	- 34 -
3.3.1	Návrh rozvaděčů	- 34 -
3.3.2	Návrh kabelových tras	- 34 -
3.4	Použité nástroje pro tvorbu projektové dokumentace	- 34 -
4	Projektová dokumentace	- 35 -
4.1	Zadání	- 35 -
4.2	Příprava na projekční činnost	- 35 -
4.3	Základní údaje o stavbě	- 35 -
4.4	Koncepce řešení	- 36 -
4.4.1	Umístění stavby	- 36 -
4.4.2	Dobíjecí stanice	- 36 -
4.4.3	Trafostanice	- 38 -
4.4.4	Přípojka VN	- 40 -
4.4.5	Rozvaděč NN	- 40 -
4.4.6	Oprava osvětlení	- 41 -
4.4.7	Kabely a kabelové trasy	- 41 -
4.5	Uzemnění	- 41 -
4.6	Vnější systém ochrany LPS	- 43 -
5	Kalkulace investičních nákladů na výstavbu dobíjecí stanice a harmonogram stavby ...	- 44 -
5.1	Kalkulace investičních nákladů	- 44 -
5.2	Harmonogram prováděných prací	- 47 -
	Závěr	- 48 -
	Použitá literatura	- 50 -
	Seznam příloh	- 52 -

Seznam použitých zkratk

Zkratka	Význam
AC	střídavý proud
Ah	ampérhodina
AlMgSi	slitina hliníku, hořčíku a křemíku
ČR	Česká republika
ČSAD	Česká státní automobilová doprava
ČSN	česká technická norma
ČSN EN	česká harmonizovaná norma
DPS	dokumentace provedení stavby
DSP	dokumentace pro stavební povolení
DSPS	dokumentace skutečného provedení stavby"
DÚR	dokumentace pro územní rozhodnutí
DVZ	dokumentace pro výběr zhotovitele"
EBS	Elektronický brzdový systém
EN	evropská norma
ESC	Elektronický stabilizační program
FeZn	pozinkovaná ocel
GSM	Globální systém pro mobilní komunikace
km/den	kilometr za den
km/h	kilometr za hodinu
kW/t	kilowatt na tunu
kWh/kg	kilowatthodina na kilogram
Li ₄ Ti ₅ O ₁₂	Lithium-titanate
LiFePO ₄	Lithium-železo-fosfátový
LiFeYPO ₄	Lithium-Železo-Ytrium-Fosfid
Li-Ion	Lithium-Iont
LPL	hladina ochrany před bleskem
LPS	systém ochrany před bleskem
MHD	městská hromadná doprava
N	střední vodič
Nm	Newton metr
NN	nízké napětí
PE	ochranný vodič
PEN	kombinovaný ochranný a pracovní vodič
PNE	podniková norma
RDS	realizační dokumentace stavby
S-JTSK	systém jednotné trigonometrické sítě katastrální
SM	skříň měření
TS	transformační stanice
ÚS	úsekový odpínač

USD	americký dolar
USM	univerzální skříň měření
ÚZ	ústavní zákon
VN	vysoké napětí
VO	veřejné osvětlení
VVN	velmi vysoké napětí

Seznam použitých symbolů

Symbol	Jednotky	Význam symbolu
D_{ekv}	m	ekvivalentní průměr obdélníkového zemniče
d	m	délka
f	Hz	frekvence sítě
I	A	ampér
I_k''	A	počáteční rázový zkratový proud
I	m	délka
I_{dyn}	kA	jmenovitý dynamický proud
I_{th}	kA/1s	krátkodobý tepelný proud
L	dB	intenzita zvuku
m	kg	hmotnost
P	W	činný výkon
Q	var	jalový výkon
R	Ω	odpor
S_{pv}	mm ²	průřez vodiče
S	VA	zdánlivý výkon
T	°C	stupeň celsia
t	s	čas
U	V	napětí
ρ	Ωm	rezistivita půdy
η_1	-	koeficient využití tyčových zemničů
η_{12}	-	koeficient využití dílčích uzemnění

Seznam ilustrací

<i>Obrázek 1.1:</i>	<i>Pyramida právních předpisů.....</i>	<i>- 15 -</i>
<i>Obrázek 1.2:</i>	<i>Etapy projektové dokumentace [7]</i>	<i>- 19 -</i>
<i>Obrázek 2.1:</i>	<i>Schéma nočního nabíjení.....</i>	<i>- 20 -</i>
<i>Obrázek 2.2:</i>	<i>Schéma nočního a poledního nabíjení.....</i>	<i>- 20 -</i>
<i>Obrázek 2.3:</i>	<i>Schéma nabíjení na konečných stanicích.....</i>	<i>- 21 -</i>
<i>Obrázek 2.4:</i>	<i>Zásuvková skříň [9]</i>	<i>- 22 -</i>
<i>Obrázek 2.5:</i>	<i>Konektor KRD 20.....</i>	<i>- 23 -</i>
<i>Obrázek 2.6:</i>	<i>Rychlonabíjecí stanice – pohled zevnitř.....</i>	<i>- 25 -</i>
<i>Obrázek 2.7:</i>	<i>Schéma paprskového rozvodu [16].....</i>	<i>- 28 -</i>
<i>Obrázek 2.8:</i>	<i>Schéma okružního rozvodu [16]</i>	<i>- 28 -</i>
<i>Obrázek 3.1:</i>	<i>Konektory v elektrobuse SOR EBN 11</i>	<i>- 29 -</i>
<i>Obrázek 3.2:</i>	<i>Způsob dobíjení elektrobusů.....</i>	<i>- 32 -</i>
<i>Obrázek 4.1:</i>	<i>Stávající stav před realizací projektu [21].....</i>	<i>- 36 -</i>
<i>Obrázek 4.2:</i>	<i>Krabice 3956 s hl. vypínačem IP65, Pomalá dobíjecí stanice NSP25</i>	<i>- 37 -</i>
<i>Obrázek 4.3:</i>	<i>Rychlá dobíjecí stanice RNS32</i>	<i>- 38 -</i>

Seznam tabulek

<i>Tabulka 2.1:</i>	<i>Přehled trakčních baterií [11]</i>	<i>- 26 -</i>
<i>Tabulka 3.1:</i>	<i>Parametry elektrobuse EBN 11 [17]</i>	<i>- 30 -</i>
<i>Tabulka 3.2:</i>	<i>Parametry rychlé dobíjecí stanice [18]</i>	<i>- 31 -</i>
<i>Tabulka 3.3:</i>	<i>Parametry pomalé dobíjecí stanice [19]</i>	<i>- 31 -</i>
<i>Tabulka 3.4:</i>	<i>Porovnání parametrů transformátorů [20]</i>	<i>- 33 -</i>
<i>Tabulka 5.1:</i>	<i>Náklady na kioskovou trafostanici</i>	<i>- 44 -</i>
<i>Tabulka 5.2:</i>	<i>Náklady na dobíjecí stanice</i>	<i>- 44 -</i>
<i>Tabulka 5.3:</i>	<i>Náklady na rozvaděč RMS1</i>	<i>- 45 -</i>
<i>Tabulka 5.4:</i>	<i>Náklady na opravu VO</i>	<i>- 45 -</i>
<i>Tabulka 5.5:</i>	<i>Náklady na kabelové trasy</i>	<i>- 45 -</i>
<i>Tabulka 5.6:</i>	<i>Ostatní náklady</i>	<i>- 45 -</i>
<i>Tabulka 5.7:</i>	<i>Celkové náklady na realizaci díla</i>	<i>- 46 -</i>
<i>Tabulka 5.8:</i>	<i>Harmonogram prováděných prací</i>	<i>- 47 -</i>

Úvod

V současné době je trendem snižování emisí a je kladen větší důraz na využití energie z obnovitelných zdrojů, proto nejen většina českých, ale i světových měst, přechází ze starých dieselových autobusů na moderní elektrobuses. Vzhledem k tomu, že kapacita elektrické energie elektrobuses není prozatím dostatečná natolik, aby jezdily celý den, tedy od začátku směny (výjezd z depa), až do konce směny (příjezdu do depa), je potřeba baterie dobíjet.

Právě v těchto případech je potřeba navrhnout vhodný projekt pro dobíjecí stanice včetně transformátoru, na který je dobíjecí stanice připojena. Mohlo by se zdát, že by stačilo navrhnout jeden projekt, který by byl aplikovatelný na všechny dobíjecí stanice. Tato myšlenka je však mylná. Každé město má svá specifika, ať už se jedná o rozlohu města, počet ujetých kilometrů, délku obsluhovaných a manipulačních tras nebo vzdálenost vozovny od konečné zastávky.

V současné době je v automobilovém průmyslu, trend přejít z využití fosilních paliv na využití energie z obnovitelných zdrojů. Dalším důvodem, proč se města také přiklání k výměně autobusů, jsou dotace na elektrobuses a tím výrazné snížení emisí. K takovýmto projektům se připojuje stále více měst a přesně na tuto problematiku je zaměřena i tato diplomová práce.

Cílem diplomové práce je vytvořit projektovou dokumentaci a navrhnout koncepci řešení dobíjecí stanice pro elektrobuses včetně trafostanice. Trafostanice nebude napájet pouze dobíjecí stanice, ale bude na ni napojeno i opravené veřejné osvětlení v okolí dobíjecích stanic.

Diplomová práce je rozdělena na několik kapitol. V první kapitole jsou shrnuty teoretické poznatky z oboru projektové činnosti. Nemůžeme však opomenout, že každý projekt musí splňovat parametry dané platnou legislativou.

V druhé kapitole jsou popsány možnosti dobíjecí stanice, jejich způsoby nabíjení a následně typy trafostanic, na které jsou dobíjecí stanice připojeny.

Ve třetí kapitole se dostáváme k praktické části práce, kde je zadání konkrétního projektu, včetně požadavků na něj. Následně na základě teoretických poznatků je řešen projekt.

Čtvrtá kapitola je zaměřena na projektovou dokumentaci.

V poslední, tedy páté kapitole, je kalkulace investičních nákladů na realizaci projektovaného díla.

Výsledkem celé této diplomové práce je kompletní projektová dokumentace, včetně potřebných náležitostí k provedení stavby.

1 Projektová činnost

Proces, při kterém vzniká zpracovaný záměr, plán nebo rozvrh jakési budoucí činnosti nebo jeho výsledku (stavby, organizace atd.) Takovému procesu říkáme projektování. Člověka, který se zabývá projektováním, nazýváme projektantem.

V technickém oboru se projektování stalo nezbytnou povinností. Mluvíme zejména o oborech, kde je důležité zajistit bezpečnost a spolehlivost navrhovaného zařízení. Při zpracování projektů je nutné dodržovat postupy, které jsou stanoveny příslušnými zákony, normami, vyhláškami a nařízeními. Tím vznikne zajištění bezproblémové realizace a funkce díla.

Projektování je velmi zodpovědná činnost. Při nedodržování stanovených norem, vyhlášek a nařízení, může dojít k velkým materiálním škodám, nebo dokonce i k ohrožení lidských životů. Projektant nese za svou práci právní odpovědnost, je tedy důležité, aby projektant silnoproudých zařízení neustále sledoval nové normy a náležité předpisy a na základě nových norem a předpisů poté vypracovával projektovou dokumentaci. Projektová dokumentace zajišťuje právní ochranu zákazníka v případě komplikací (havárií), během provozu, a také uchovává informace o realizaci díla.

V dnešní době jsou kladeny vysoké požadavky na kvalitu a rychlost zpracování dodávky projektové dokumentace. Tyto požadavky jsou způsobeny především rozvojem techniky a velkou konkurencí společností, které se zabývají projektovou činností.

1.1 Projektant silnoproudých zařízení

Projektantem se může stát fyzická i právnická osoba, která disponuje oprávněním k projektové činnosti. Zákon číslo 360/1992 Sb., o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě upravuje toto oprávnění.

Projektanty silnoproudých zařízení můžeme rozdělit [1]:

- na projektanty nízkého napětí;
- na projektanty vysokého napětí;
- na projektanty velmi vysokého napětí;
- na projektanty zvlášť vysokého napětí.

Projektant by měl prokázat souhrnný a systematický přístup k přípravě a zároveň i k realizaci projektu. Před začátkem samotného projektu by měl projektant zjistit řadu hodnot, údajů a také parametrů o budoucí stavbě. Proto je tedy nutné, jak už bylo výše zmíněno, aby se projektant dostatečně vzdělával a měl odbornou kvalifikaci. Nejenom vzdělání je důležité pro projektanta, ale také praxe, čím víc se projektant projektování věnuje, tím víc praktických zkušeností dosáhne a tím se stane kvalitnějším projektantem.

Každý projekt by měl být projektantem posouzen samostatně, ačkoliv projektování zahrnuje celou řadu rutinních úkonů. V budoucnu by se nemělo stát, aby se tato práce zcela zautomatizovala a zmechanizovala.

1.1.1 Vznik oprávnění projektanta

Projektantem, jak už bylo zmíněno výše, se může stát jak fyzická, tak i právnická osoba. Oprávnění stát se projektantem spadá do vázaných živností. Požadavky na samostatné projektování a řízení projektu nalezneme ve vyhlášce Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu č. 50/1978 Sb., která také řeší odbornou kvalifikaci projektanta.

V příslušné vyhlášce Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu č. 50/1978 Sb. o odborné způsobilosti v elektrotechnice nalezneme v § 10 odst. 5 definici pracovníka – projektanta a v § 12 odst. 5 povinnosti organizace, která je citována níže [2].

Pracovník - Projektant

Pracovníci pro samostatné projektování a pracovníci pro řízení projektování jsou ti, kteří mají odborné vzdělání a praxi určené zvláštními předpisy a složili zkoušku ze znalosti předpisů k zajištění bezpečnosti práce a technických zařízení a z předpisů souvisejících s projektováním [2].

Poněvadž samostatná kvalifikace neumožňuje libovolné práce na elektrickém zařízení, je potřeba, aby projektant při zjišťování kontinuity mezi stávajícím a projektovaným zařízením měl neustále k dispozici pracovníka vlastního oprávnění k práci na elektrickém zařízení. Danou situaci lze řešit tak, že projektant disponuje nejen kvalifikací podle § 10 (tento paragraf je dále rozdělen na samostatný projektant a na pracovníky pro řízení projektování), ale také oprávněním pro samostatnou práci a řízení práce na elektrickém zařízení (kvalifikace podle § 6-8) [2].

Povinnosti organizace

Projektující organizace je povinna ustanovit pracovníka, který odpovídá za řízení projektování, popřípadě i jeho zástupce. Tito pracovníci musí mít kvalifikaci podle § 10.

Požadovanou praxi pro samostatné projektování a řízení projektu stanovuje vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu č. 50/1978 Sb. K dosažení kvalifikace dle § 10 pro samostatné projektování elektrických zařízení do 1000 V je požadováno elektrotechnické vzdělání a praxe dle zvláštních předpisů [2].

1.2 Právní předpisy a technické normy

V České republice se setkáváme v rámci právního systému s mnoha typy právních předpisů. Tyto zákony schvaluje Parlament České republiky a vychází ve Sbírce zákonů. V technické praxi se používají zejména vyhlášky, normy, zákony a nařízení. Podrobněji lze dělit tyto právní předpisy na předpisy zákonné (základní – 1. až 3.) a předpisy podzákonné (prováděcí – 4. až 6.)



Obrázek 1.1: Pyramida právních předpisů

U nařízení je nutnost dodržet tzv. „secundum et intra legem“, v překladu hovoříme „podle zákona“ a „v souladu s ním“. Nesmíme také zapomenout na platné mezinárodní smlouvy, ke kterým

je Česká republika zavázána. Zároveň jsou tyto mezinárodní smlouvy nadřazeny veškerým českým předpisům.

Veškerými právními předpisy se musí řídit jak fyzické osoby, právnické osoby, ale i veškeré státní orgány. U právních předpisů je potřeba rozlišovat platnost a účinnost.

V technické praxi jsou v České republice vydávány České technické normy. České technické normy spravuje a vydává Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. V minulosti byly tyto České technické normy závazné. V současné době nejsou tyto České technické normy závazné, a to podle zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a související předpisy. Postupování dle České technické normy však nastat může, pokud to stanoví ve svých kogentních ustanoveních z platných právních předpisů České republiky. Právní předpisy jsou povětšinou spíše obecnější, a proto se odkazují na České technické normy. Je důležité rozlišovat, zda odkaz odkazuje na celý dokument České technické normy nebo jen na její část. V případě, že odkazuje pouze na určitou část, nemusí být ostatní ustanovení respektováno [3].

1.3 Legislativa

Každý projektant silnoproudých zařízení musí mít znalost v zákonech, vyhláškách, nařízeních a předpisech schvalovaných vládou ČR, které jsou nedílnou součástí této práce. Dodržování zákonů, vyhlášek, nařízení a předpisů schvalovaných vládou ČR je závazné. Jejich úkolem je zaručit zabezpečení elektrických zařízení, bezpečnosti práce a ochranu životů.

Mezi nejdůležitější zákony, vyhlášky a normy v projektování patří:

- Energetický zákon;
- Stavební zákon;
- Vyhláška o technických požadavcích stavby a výrobků;
- Soubor norem ČSN EN a podnikové normy energetiky PNE.

1.3.1 Energetický zákon

Tento zákon ze dne 28. listopadu 2000 má označení č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů. Předmětem úpravy Energetického zákona je zpracovávání příslušných předpisů Evropské unie. Upravuje v souvislosti na použité předpisy Evropské unie podmínky podnikání a výkon státní správy v energetických odvětvích, mezi něž patří elektroenergetika, plynárenství a teplárenství. Dále také upravuje práva a povinnosti jak fyzických, tak právnických osob s tím spojené [4].

Energetický zákon je rozdělen na tyto čtyři části:

- obecná část;
- zvláštní část;
- správní delikty;
- společná, přechodná a zrušovací ustanovení.

1.3.2 Stavební zákon

Stavebním zákonem se rozumí zákon č. 183/2006 Sb. (popřípadě novela č. 225/2017 Sb.), o územním plánování a stavebním řádu. Tento zákon má podstatný dopad na oblast projektové činnosti ve výstavbě, konkrétně v projektování elektrických zařízení. Stavební zákon upravuje především povolování staveb a jejich změn, užívání a odstraňování staveb, terénních úprav, závazky a

odpovědnost osob zpracovávání staveb. Zákon také stanovuje podmínky pro projektovou činnost a provádění staveb [5].

Projektovou činnost upravuje stavební zákon v ust. § 159 odst. 1-4 [5]:

1. Projektant je zodpovědný za správnost, celistvost a úplnost jím vytvořené územně plánovací dokumentace, územní studie a dokumentace pro vydání územního rozhodnutí, zejména za respektování požadavků z hlediska ochrany veřejných zájmů a za jejich koordinaci. Je povinen dbát právních předpisů a působit v součinnosti s příslušnými orgány územního plánování a dotčenými orgány.
2. Projektant územně plánovací dokumentace vypracovává a pořizovateli předává vybrané části územně plánovací dokumentace v jednotném standardu.
3. Projektant je zodpovědný za správnost, celistvost, úplnost a bezpečnost stavby podle jím zpracované projektové dokumentace a proveditelnost stavby podle této dokumentace, také je projektant zodpovědný za technickou a ekonomickou úroveň projektu technologického zařízení, včetně vlivů na životní prostředí. Je povinen dodržovat právních předpisů a obecných požadavků na výstavbu vztahujících se k určitému stavebnímu záměru a působit v součinnosti s příslušnými dotčenými orgány. Statické, eventuálně jiné výpočty musí být zpracovány tak, aby byly kontrolovatelné. Není-li projektant způsobilý některou část projektové dokumentace zpracovat sám, je povinen k jejímu zpracování přizvat osobu s oprávněním pro příslušný obor nebo specializaci, která odpovídá za jí zpracovaný návrh.
4. Dokumentaci u ohlašovacích staveb, které jsou uvedeny v ust. § 104 odst. 1 písm. f) až i) a k) a terénních úprav podle § 15b odst. 1 vodního zákona, může také i mimo projektanta vypracovat osoba, která má vysokoškolské vzdělání stavebního nebo architektonického směru, anebo střední vzdělání stavebního směru zakončené maturitní zkouškou a alespoň 3 roky praxe v projektování staveb.

1.4 Projektová dokumentace

Projektová dokumentace tvoří nedílnou část pro každou stavbu, ať už je to rekonstrukce nebo novostavba. Projektovou dokumentací rozumíme soubor informací, které slouží k realizaci projektového díla a staviteli poskytuje podklady k budoucímu dílu. Účelem je precizní a jednoznačný popis řešení projektu. Každá projektová dokumentace musí obsahovat všechny náležitosti, dále musí být vypracována dle platných norem a předpisů.

Každé zpracování takovéto projektové dokumentace vychází ze stavebního zákona (kapitola 1.3.2). Rozsah je dále upravován vyhláškou č. 499/2006 Sb. (ve znění novely č. 405/2017 Sb.) o dokumentaci staveb. Zpracovaná projektová dokumentace pro stavební úřad, musí být ověřena autorizovanou osobou dle České komory autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě.

Projektová dokumentace může mít papírovou nebo elektronickou podobu. Výhoda papírové podoby je v tom, že může usnadnit stavbyvedoucímu práci, pokud nedisponuje zařízením pro zobrazení. Papírová forma je také praktičtější. Stavbyvedoucí si může lehce dopisovat dodatečné poznámky a změny v dokumentaci. Elektronická forma je vhodnější z hlediska replikace a archivace projektu [6].

1.4.1 Druhy projektové dokumentace

Dle vyhlášky číslo 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb, rozdělujeme projektovou dokumentaci na tyto druhy:

- *dokumentace pro vydání rozhodnutí o umístění stavby nebo zařízení;*
- *dokumentace pro vydání rozhodnutí o změně využití území;*
- *dokumentace pro vydání rozhodnutí o změně vlivu užívání stavby na území;*
- *dokumentace pro vydání společného povolení;*
- *projektové dokumentace pro ohlášení stavby uvedené v § 104 odst. 1 písm. a) až e) stavebního zákona nebo projektové dokumentace pro vydání stavebního povolení;*
- *projektové dokumentace pro provádění stavby;*
- *dokumentace skutečného provedení stavby [6].*

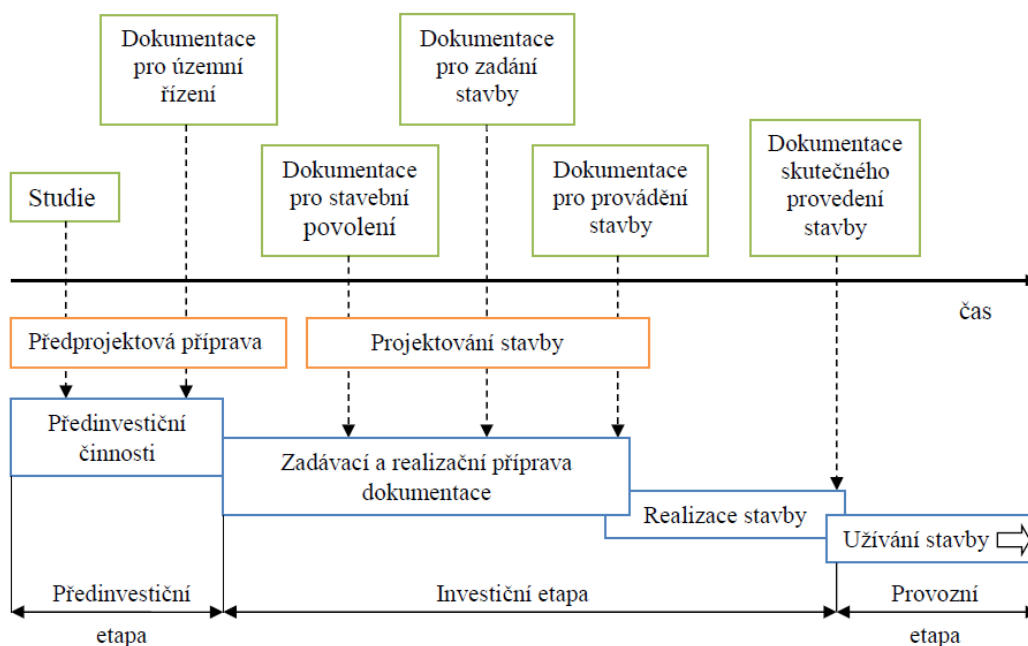
Podle projektanta silnoproudých rozvodů lze projektovou dokumentaci rozdělit do několika základních fází (stupňů):

- studie – základem studie je nejen informovat investora o projektu, technickém řešení, ale i o finanční náročnosti investičního záměru. V této fázi projektant zpracuje několik variant projektu a vymezí hlavní práce nutné k provedení projektu. Tato projektová dokumentace obsahuje nejen technickou zprávu, ve které najdeme základní technické údaje (jako je: umístění stavby, rozsah projektu, požadavky investora, atd.);
- dokumentace pro územní řízení (DÚR) – tento typ dokumentace se vytváří pro získání územního rozhodnutí o umístění stavby, kde není územním plánem schválen pozemek ke stavění. V dokumentaci pro územní řízení není řešen jen vztah k životnímu prostředí, ale také požární předpisy, provozní a dopravní podmínky, apod.;
- dokumentace pro stavební povolení (DSP) – dokumentace je přiložena k žádosti o stavební povolení. Oproti předchozí dokumentaci je dokumentace pro stavební povolení rozsáhlejší hlavně ve stavební části projektu. Obsahuje například základy stavby. Tato dokumentace musí odpovídat platným právním předpisům a normám, technickým požadavkům v souladu s podmínkami stavebního povolení;
- dokumentace pro výběr zhotovitele (DVZ) – na základě dokumentace je možné vytvořit výběrové řízení pro realizaci stavby. Tato dokumentace musí obsahovat výkaz výměr a soupis prací potřebných pro realizaci stavby;
- dokumentace pro provedení stavby (DPS) – je kompletní projektová dokumentace, ve které jsou definovány požadavky na konečné provedení stavby. V této části projektu již jsou známy technické parametry a řešení projektu. Pokud jsou dodrženy veškeré podmínky a získané veškeré povolení může být stavba zahájena;
- realizační dokumentace stavby (RDS) – je nejvíce rozpracována a využívá se pro znázornění největších detailů, které musí být dodrženy;
- dokumentace skutečného provedení stavby (DSPS) – je dokumentace o reálném stavu projektu. Vzhledem k tomu, že během realizace stavby může dojít k nepředpovídaným komplikacím a tím může vzniknout odchylka od projektové dokumentace. Pro tuto dokumentaci bývají doložené dodatečné změny, které vznikly během stavby. Projektová dokumentace slouží jako podklad pro revize zařízení a dále kolaudaci. Dokumentace musí být k dispozici po celou dobu provozu zařízení [5].

Všeobecně lze říct, že každý stupeň na sebe navazuje a je tedy propracovanější verzí předešlé fáze.

V průběhu každé dokumentace dochází k vymezení požadavků nejen na jednotlivé profese, ale i na stavbu jako celek. Jedná se tedy od obecných úvah o koncepci funkce objektu až po určité potřeby na napojení na silnoproudé rozvody do konkrétních technologických celků.

Na obrázku 1.2 jsou graficky znázorněny etapy od projektové dokumentace přes výstavbu až po využívání stavby (tzv. od myšlenky až po užívání).



Obrázek 1.2: *Etapy projektové dokumentace [7]*

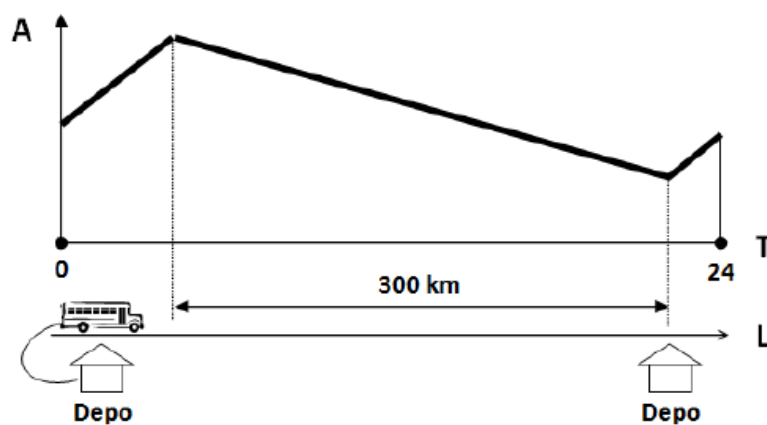
2 Možnosti dobíjecí stanice a trafostanice

2.1 Způsoby dobíjení elektrobuse

Způsobů nabíjení elektrobuse v MHD je mnoho. Záleží na umístění, výkonu a způsobu nabíjení. Následně jsou popsány tyto způsoby dobíjení – noční nabíjení, noční a polední nabíjení, nabíjení na konečných stanicích, kinematické nabíjení – parciální trolejbus a automatizovaná výměna baterie.

2.1.1 Noční nabíjení

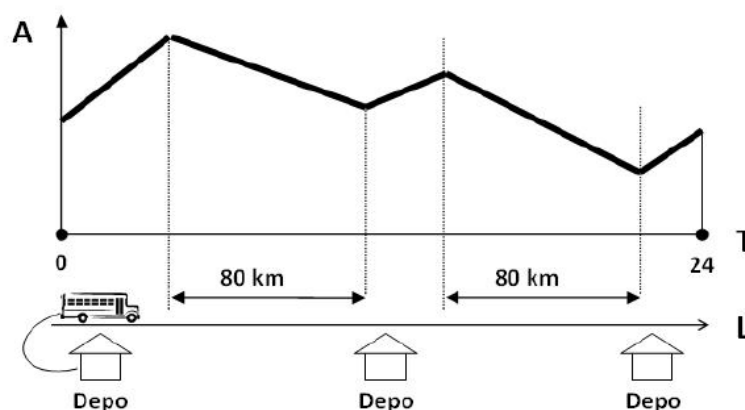
Jedním ze způsobů nabíjení elektrobuse MHD, je nabíjení přes noc. Tento způsob nabíjení označujeme Overnight Charging. Jedná se o nabíjení, kdy se elektrobuse využívá stejným způsobem jako klasický autobus naftový. Elektrobuse zaparkujeme do vozového parku a místo načerpávání nafty připojíme nabíječku. Vozidla se tak během noci mohou dobít a přes den tak plní přepravní služby s nulovou emisí škodlivin [8].



Obrázek 2.1: Schéma nočního nabíjení

2.1.2 Noční a polední nabíjení

Další způsob nabíjení, kdy zvyšujeme dojezd elektrobuse, je v období dopravního sedla (jedná se o období v jízdním řádu s minimálním provozem) a baterii dobíjíme v průběhu dne.



Obrázek 2.2: Schéma nočního a poledního nabíjení

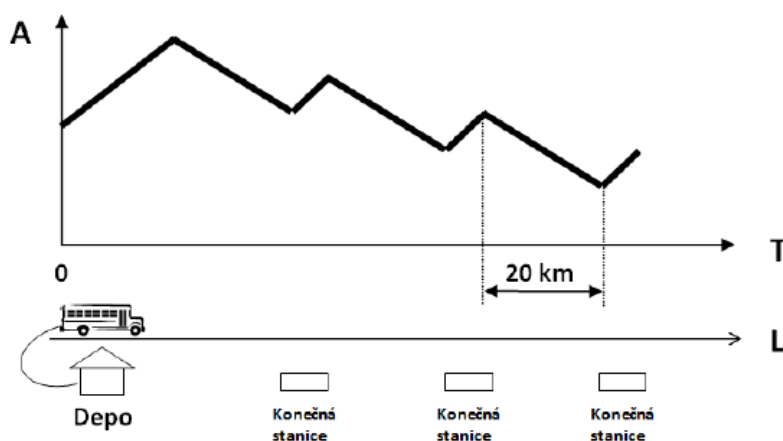
Podíváme-li se do jakéhokoliv jízdního řádu, zjistíme, že během dne dopravní tok značně kolísá. Nejčastější důvod použití MHD je přeprava do práce (školy) a z práce (školy), mluvíme tedy o tzv. dopravní špičce. O ranní špičce můžeme mluvit mezi 6. - 7. hodinou a o odpolední špičce mezi 15. a 16. hodinou. V těchto hodinách jsou na trase všechny elektrobusy, kromě nutných záložních elektrobusů.

Mimo dopravní špičky stojí mnoho elektrobusů v depu a čeká na odpolední špičku. Tuto dobu můžou efektivně využít k dobíjení baterií. Během tohoto tzv. „sedla“ dobijeme elektrobusy tak, že dokážou obsloužit i odpolední špičku [8].

2.1.3 Nabíjení na konečných stanicích

Další možností, jak nabít elektrobusy, je dobíjení na konečných zastávkách. Hlavním úkolem elektrobusu je jezdit a rozvážet lidi, ne stát připojený k nabíječce. Jak tedy vyřešit situaci, když kapacita baterie není dostatečná pro celodenní provoz? V případě, že dobíjení během noci v garáži není dostatečné pro celodenní ježdění a odstavovat elektrobus v době přepravy cestujících není ekonomické ani žádoucí, existuje možnost dobíjení v období, kdy mají řidiči krátkou pauzu na konečné zastávce. Zpravidla každý autobus má přibližně 10-15 minut pauzu na konečné zastávce, než vyjedou na další jízdu (okruh), a to pro případ, že by dojel na konečnou zastávku pozdě. Kdybychom neměli tuto rezervu, mohlo by se stát, že autobus přijede na konečnou zastávku pozdě a tím pádem by nevyjel z výchozí zastávky včas. Tato situace by mohla vést k úplnému chaosu v MHD.

Tyto pauzy neslouží jen k zabránění zpoždění, ale také řidiči pro bezpečnostní pauzu během dne. Tento čas (10-15 minut) určitě nestačí k plnému dobití baterie, ale může nám posloužit k doplnění energie na ujetí jednoho okruhu. Záleží také na tom, kolik kilometrů musí daná linka ujet, lépe řečeno, kolik energie spotřebuje, než dojde z výchozí stanice na konečnou. V případě, že spotřebovaná energie během jízdy je větší než dobitá energie na konečné, nejedná se o problém. Elektrobus ráno vyjíždí z garáže, kde se přes noc plně dobil. Toto dobití slouží k rozdílu mezi doplněnou a spotřebovanou energií.



Obrázek 2.3: Schéma nabíjení na konečných stanicích

2.1.4 Kinematické nabíjení – parciální trolejbus

Kinematické nabíjení neboli tzv. nabíjení za jízdy. To znamená, že elektrobus určitou část trasy jezdí připojený k trolejím a čerpá nejenom energii pro jízdu, ale také dobíjí baterii. Nejedná se tedy o elektrobus jako takový, ale o hybrid mezi elektrobusem a trolejbusem neboli o trolejbus

s bateriemi. První takovýto hybridní trolejbus vznikl v kooperaci dvou společností Solaris a Cegelec pro německého klienta v Eberswalde. Název parciální trolejbus pochází z Německa. Poté se tato terminologie převzala do češtiny.

2.1.5 Automatizovaná výměna baterie

Jedná se o způsob dobíjení, při kterém dojde k vytažení baterií z vozidla a vložení nabitých baterií. Pro lepší představivost si můžeme představit ruční nářadí, kde například z ručního aku nářadí vyměníme baterii, kterou dáme nabíjet a rovnou vyměníme za plně nabitou. Tento způsob je vhodný pro menší baterie jako jsou třeba u ručního nářadí, vysokozdvížných vozíků apod. Pro samotné dobíjení elektrobuseů je tento způsob téměř nevyužívaný. Jelikož řidiči musí mít dle zákona povinné bezpečnostní přestávky, může docházet k průběžnému dobíjení akumulátorů elektrobuseů. Dalšími důvody, proč tento způsob nabíjení není rozšířený, mohou být také vysoké cenové nároky na vybudování automatizovaného terminálu pro výměnu akumulátoru a dobíjení náhradních akumulátorů.

2.2 Způsoby připojení k nabíjecí infrastruktuře

Způsobů, jak připojit elektrobusey k infrastruktuře je několik. Můžeme použít připojení pomocí kabelů, ty jsou však dost velké, těžké a špatně se s nimi manipuluje. Tento způsob je nejčastěji využíván při nabíjení elektromobilů. V případě, kdy chceme nabíjet elektrobus, potřebujeme mnohem větší výkon než u elektromobilu. Pro tyto velké výkony potřebujeme automatizované připojení k napájecí síti nebo bezkontaktní (indukční) napájení.

2.2.1 Kabel

Nabíjení kabelem používáme především v noci, kdy je potřeba nabít elektrobus na 100 %, zároveň je potřeba vyrovnat jednotlivé elektrické články za podpory pomalého nabíjení.

Potřebujeme-li dobít elektrobus z 0 % na 100 % (o kapacitě 180 kWh), budeme potřebovat asi 8 hodin času a výkon alespoň 22 kW. Tomuhle požadavku odpovídá jediné třífázové připojení, kdy napětí je 400 V a proud činí 32 A. Využít můžeme standardizovanou třífázovou zásuvku, která je běžně k sehnání.



Obrázek 2.4: Zásuvková skříň [9]

Na obrázku 2.4 je vidět zásuvka třífázová – 400 V. Existují i jednofázové zásuvky s proudem až 32 A, ty se však nevyužívají k nabíjení elektrobuseů. Tento typ zásuvek se především využívá

pro zapojení výkonných jednofázových svářeček. Podle České státní normy lze připojit k zásuvce jednofázové 230 V (32 A) elektromobil. Je však zapotřebí použití Wallboxu. Wallbox slouží jako nástěnná dobíjecí stanice, která je připojena přímo k napájecí síti (bez vidlice) a slouží výhradně k dobíjení elektromobilů. Tento typ dobíjecí stanice je rychlejší variantou klasické zásuvky, ale pro elektrobusy nevyužitelná vzhledem ke kapacitě baterií.

Vybraní výrobci elektrobusů dávají do svého elektrobusu vysokokapacitní baterie. Například společnost SOR Libchavy s.r.o. V roce 2016 představila v Praze na veletrhu CZECHBUS svou novinku na trhu. Jednalo se o elektrobus s kapacitou baterie 225 kWh, kterou lze nabít výkonem 22 kW za 10 hodin. Pokud bychom chtěli plně nabít baterii za 6 hodin, potřebovali bychom nabíječku s výkonem skoro 40 kW. Pro tyto případy je použit přenos pomocí stejnosměrného proudu s nabíjecím měničem, který je uložen mimo vozidlo. Naopak u připojení se střídavým proudem je měnič umístěn ve vozidle. Nevýhodou umístění měniče ve vozidle je zvyšování hmotnosti vozidla a zabírání místa. U vozidla, které je napájeno stejnosměrným proudem, tudíž je nabíječka umístěna mimo vozidlo, proudí do vozidla již upravená (proudem a napětím) elektřina, která putuje přímo do baterie. Velikost napětí se pohybuje ve stovkách voltů. Tento typ nabíjení označujeme rychlonabíjecí. V současné době se v Evropě setkáváme oficiálně se dvěma uznávanými standardy pro konektory rychlodobíjecích stanic. Mezi tyto uznávané konektory patří konektory CCS-Combo 2 a CHAdeMO. Mezi další typy konektorů patří například konektor typu KRD 20. Konektor KRD 20 je především využíván mezi výrobcem dobíjecích stanic RAIL ELECTRONICS CZ s.r.o. a elektrobusy společnosti SOR Libchavy s.r.o. (obrázek 2.5).



Obrázek 2.5: Konektor KRD 20

Výkon u nabíjení elektrobusu na konečných stanicích pomocí pomalého dobíjení je nedostatečný. Elektrobus, který zastaví na autobusové zastávce na několik minut a potřebuje „načerpát“ aspoň část energie pro komfortnější jízdu, se musí připojit na rychlou dobíjecí stanici. Dalším způsobem jak energii dopravit do elektrobusu může být například sběrač, který je popsán v následující kapitole.

2.2.2 Sběrač – pantograf

Sběrače – pantograf u elektrobusu slouží k dobíjení baterií pomocí vrchního vedení. Následně jsou popsány dva základní typy, a to dvoupólové a více pólové s uzemněním [10].

Dvoupólové připojení

Jedná se o jednoduché řešení systému horního elektrického vedení, inspirované trolejbusy a zároveň jednoduchou konstrukcí pantografů, kterou známe z tramvají. Tento typ systému

neumožňuje v době nabíjení uzemnění vozidla. Z bezpečnostního hlediska je důležité sledovat izolační odpor v elektrobuse. Protože v případě špatného počasí, ať už se jedná o sníh, mrznoucí déšť nebo jinovatku, může dojít ke skokovému zmenšení anebo k úplnému vyřazení vozidla z provozu. Tento stav lze vyřešit dvojitou izolací celého trakčního řetězce. I přesto se občas stávají výpadky provozu, a to většinou v případě mrznoucího deště. U elektrobuse by dvojitá izolace pak navýšila cenu celého vozidla. Jedním z omezujících faktorů je proudové omezení cca 250 A, což odpovídá nabíjecímu výkonu cca 170 kW. Toto omezení je dáno přechodným odporem mezi sběrací lištou a horním vedením a také odpovídajícím vývinem tepla při stacionárním nabíjení. Tento typ dobíjení pro například kloubové autobusy, které mají větší spotřebu elektrické energie, bude obtížně realizovatelný.

Více pólový sběrač s uzemněním

Nevýhody uvedené u dvoupólového nabíjení můžeme eliminovat pomocí více pólových pantografů s uzemněním. Tento způsob dobíjení je většinou pomocí inverzního sběrače, který je umístěn na sloupu a spouští se dolů na ližiny umístěné na střeše elektrobuse. Takový způsob je výhodnější a levnější, než kdyby si každý elektrobuse vozil svůj sběrač. Pantograf umístěný na sloupu má výhodu, že dokáže dobíjet postupně více elektrobuse a je krytý proti atmosférickým vlivům, jako je například déšť, sníh a nečistoty. Navíc oproti dvoupólovému dobíjení potřebujeme třetí pól, který je zemnicí a čtvrtý pól, který slouží pro ověření uzemnění vozidla. Mohou být i více pólové připojení, ale vždy je nutno dodržet tyto čtyři základní póly. Pro zahájení dobíjení je potřeba bezdrátové nebo jiné komunikace elektrobuse s dobíjecí stanicí, kde jsou přenášena potřebná data, jako je například stav baterie.

2.2.3 Bezkontaktní (indukční) nabíjení

Indukční nabíjení je založeno na elektromagnetické indukci mezi dvěma cívkami, kdy jedna cívka je uložena na podvozku vozidla a druhá ve vozovce. Cívka ve vozovce je připojena k napájení a tím vytváří magnetické pole, které je v druhé cívce převáděno na střídavý elektrický proud, a proto si musí vozit každý elektrobuse svoji nabíječku. Teoreticky je možné elektrobuse dobíjet i za jízdy, za předpokladu, že ve vozovce bude zabudováno více cívek za sebou.

Aby byl přenos magnetického pole mezi cívkami nejefektivnější, musí být cívky co nejblíže u sebe, což snižuje světlou výšku vozidla. V některých systémech u stojícího vozidla dochází k přiblížení cívky elektrobuse blíže k vozovce. Tím je zajištěn lepší přenos elektromagnetického pole. Účinnost takového přenosu energie je cca 95 %. Výhodou indukčního nabíjení může být oproti dobíjecím stanicím, že nemá viditelné prvky, které mohou být vystaveny vandalismu a jiným vlivům. Jednou z nevýhod je nutnost chlazení, což má za následek větší spotřebu elektrické energie a vyšší riziko poruch. Mezi další nevýhodu můžeme považovat nutnost instalace cívek pod povrch vozovky a s tím spojené vysoké stavební náklady pro realizaci.

2.3 Typy nabíjení elektrobuse

Nabíjet elektrobuse můžeme ve dvou režimech, a to pomocí pomalého nabíjení nebo rychlého nabíjení. Z názvu je patrný rozdíl mezi danými režimy, a to je v rychlosti nabíjení. Jaký typ režimu vybereme závisí na tom, jak dlouho bude mít elektrobuse přestávku a jakou vzdálenost má před sebou.

2.3.1 Pomalý způsob nabíjení

Pomalým způsobem nabíjení dosáhneme plného nabití baterie elektrobusu za cca 8 hodin. Za jednu minutu nabíjení získá elektrobus potenciál ujetí asi 0,25 km.

Doporučení výrobce je, aby elektrobus byl nejméně jednou denně dobíjen pomalým způsobem nabíjení. Toto doporučení bychom měli respektovat, pokud chceme zachovat životnost baterie co nejdelší. Jelikož doba trvání nabíjení je příliš dlouhá, nelze tento způsob nabíjení využívat během dne, ale hodí se spíše přes noc, kdy jsou vozidla odstavena v depech.

2.3.2 Rychlonabíjení

Pomocí rychlonabíjení je možné za jednu minutu nabíjení získat energii až na dva kilometry jízdy elektrobusu. Proto, aby baterie vydržely co nejdéle, je výrobcí doporučeno, aby se baterie nabíjely minimálně 15 min. Toto nabíjení je vhodné zejména při čekání na konečné na odjezd a tím je zaručeno, že se elektrobus nevybije uprostřed směny. Rychlonabíjení je tedy vhodné pro dobíjení v rozmezí 15 - 45 min.

V nočních hodinách, kdy nejedí noční spoje, je vhodnější pomalé nabíjení, kdy dochází k rovnoměrné spotřebě energie a nevznikají velké výkyvy pro nadřazenou síť (VN síť). U pomalého nabíjení také dochází k formátování baterii a tím se prodlužuje jejich životnost.



Obrázek 2.6: Rychlonabíjecí stanice – pohled zevnitř

V nočních hodinách budeme preferovat zejména pomalé nabíjení, naopak v místech k tomu určených (v provozu) budeme preferovat rychlonabíjení. V této práci se budeme zaměřovat především na lokalizaci stanic pro rychlonabíjení. Musíme odlišit různé typy požadavků elektrobusů. Mezi požadavky elektrobusů řadíme například dobu nabíjení versus kilometry k ujetí.

2.4 Typy zásobníků elektrické energie

Zásobník elektrické energie slouží pro uchování energie, která je využívána pro napájení motorů elektrobusů. Mezi nejdůležitější parametry patří měrný výkon (kW/t – nám říká, jaký maximální výkon jsme schopni odebrat nebo dodávat do zásobníků při přepočtu na jednu tunu) a měrná energie (kWh/kg – udává množství energie, kterou je možno uložit v jednom kilogramu zásobníku).

Ve vozidlech jsou využívány vysokokapacitní kondenzátory (superkondenzátory) a sekundární články, které jsou označovány jako akumulátory nebo baterie. Výhodou superkondenzátoru je, že se dá rychle dobít. Naopak nevýhodou je, že mají velmi malou měrnou kapacitu. Tento typ zásobníků je vhodný při využívání zastávkového dobíjení. Sekundárních článků je mnoho druhů:

- Lithium-iontová baterie (Li-Ion);
- Lithium-železo-fosfátový akumulátor (LiFePO₄);
- Lithium-Železo-Yttrium-Fosfid (LiFeYPO₄);
- Lithium-titanate baterie (Li₄Ti₅O₁₂).

Tabulka 2.1: Přehled trakčních baterií [11]

Typ	NCM 12310230	NCM 17310230	NCM 17310230	LMO 20310230	LFP 20310230	LTOF 10310230
Chemické složení	LiNiMnCoO	LiNiMnCoO	LiNiMnCoO		LiFePO ₄	LTO
Výrobce	CPEC	CPEC	CPEC	CPEC	CPEC	CPEC
Nap./Kapacita V/Ah	3,7/100	3,7/150	3,7/150	3,7/100	3,2/100	1,8/40
Dovolené nabíjení	0,5 C	0,5 C	0,5 C	0,5 C	0,5 C	3 C
Dovolené vybíjení				1,5 C	1 C	5 C
Pulzní vybíjení	10 C(2s)		8 C(10s)		3 C(10s)	
Životnost cyklů nab./vyb.	>1500 1C / 1C		>1500 1C / 1C	>500 1C / 1C	>2000 0,2C/ 0,2C	>30000
Konec vybíjení V	3,0	3,0	3,0	3,0	2	
Nabíjení V	4,2	4,2	4,2	4,2		
Max. impedance mΩ	<1	<1	<1		<1	
Hmotnost kg	1,8	2,5	2,5		2,4	1,3
Cena USD	135	202,5	202,5		120	160
Spec. energie Wh/kg	205	222	222		133	55
Sestava – modulůxčl.	14x36	20x24	12x28		24x24	28x36
Počet článků ks	504	480	336		576	1008
Nap./Kapacita V/Ah	621,6/300	592/450	621,6/300		614,4/300	604,8/120
Energie kWh	186,5	266,4	186,5		184	72,6
Dojezd km	149	192	149		147	58
Hmotnost sestavy kg	907	1200	840		1383	1310
Cena sestavy USD	68 040	97 200	68 040		69 120	161 280

Podle typu použitých prvků mají akumulátory různé technické parametry (např. životnost, nabíjecí a vybíjecí napětí) viz. tabulka 2.1.

U první generace elektrobusů SOR byly použity prizmatické články Winston – LiFeYPO₄ – 3,2 V/300Ah a instalované energii 172,8 kWh (576V/300Ah). Rozměr článků 362x298x55 mm a použití plastové nádoby z polypropylenu neumožňuje intenzivní a rovnoměrný odvod tepla při vyšším

specifickém zatěžování baterií, zejména při intenzivnějším nabíjení proudem vyšším než 0,5 C. Tento typ článku se proto nehodí pro intenzivní opakované nabíjení vyššími proudy v průběhu dne a v praxi se osvědčil v nasazení do 200 km/den a bez elektrického topení v zimním období [11].

Pro elektrobusy SOR druhé generace je připravena trakční baterie NMC 17310230 – typu LiNiMnCoO – 3,7V/150Ah, instalovaná energie může být 186 kWh (621,6V/300Ah) nebo 266 kWh (592V/450Ah). Rozměr článku 310x230x17 mm umožňuje při použití chladících mezistěn intenzivní odvod tepla. Bateriové moduly s 24 články jsou umístěny po obou stranách střechy a jsou doplněny chladícím systémem s výkonem až 14 kW. To umožňuje intenzivní dobíjení vyššími proudy a zkrácení nutných nabíjecích časů. Zvýšená kapacita o 54 % umožní úměrné zvýšení dojezdů [11].

2.5 Trafostanice

Trafostanice je kompaktní zařízení pro přeměnu elektrické energie na jiné napětí.

V kapitole níže jsou popsány trafostanice, které můžeme rozdělit podle typu na sloupové, kioskové a zděné [12].

- Sloupové (stožárové) – jedná se o nejlevnější typ trafostanice. Největší výhodou sloupové trafostanice je malá pořizovací cena a rychlá výstavba.

Mezi nevýhody sloupových stanic řadíme omezení možnosti v osazení technologických zařízení, dále vystavení povětrnostním vlivům, ekologické (kontaminace půdy při poruše) a bezpečnostní rizika (dotyk živých částí).

Jednosloupové trafostanice jsou osazeny většinou jedním olejovým hermetickým transformátorem o výkonu do 400 kVA [13]. Dvousloupové trafostanice pak mohou být osazeny transformátorem s vyšším výkonem.

- Kioskové – jedná se o nejmodernější typ trafostanic. Technologické zařízení jsou umístěny v plechovém nebo betonovém kiosku. Z tohoto důvodu mají výborné provozní vlastnosti, ekonomické, ekologické, bezpečnostní (technologie je uzavřena uvnitř, tudíž nemůže dojít při havárii k ohrožení života osob.) i architektonické parametry. Výhodou kioskové trafostanice je rychlá výstavba a nízké provozní náklady. Další výhodou je umožnění výstavby celoročně [14].

Kioskové trafostanice můžeme rozdělit na kompaktní trafostanice a pochozí trafostanice.

- Zděné – jedná se o základní typ trafostanice. Výhodou zděných trafostanic je možnost osazení libovolným množstvím technologických zařízení, bezpečnost a variabilita.

Nevýhodou je rychlost výstavby trafostanice a omezená doba výstavby (roční období).

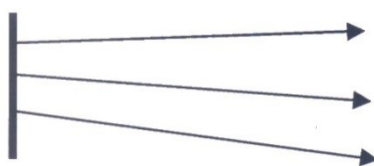
Z hlediska konstrukce můžeme rozdělit na samostatně stojící (slouží pouze k účelu transformace elektrické energie) a vestavěné (jsou součástí stavebního celku například rozvodny podniků).

Zděné trafostanice můžeme osadit jakýmkoliv počtem transformátorů.

Zděné trafostanice mohou být osazeny olejovými i suchými transformátory [15].

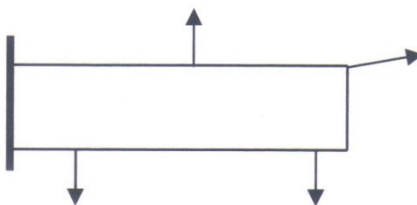
Dalším rozdělením může být podle topologického zapojení trafostanice na straně vysokého napětí. V naší zemi jsou nejčastěji využívány dvě základní topologie a to na paprskový rozvod a okružní rozvod.

- Paprskový rozvod – paprskový rozvod, který je také někdy nazýván jako radiální síť. Zdroj vychází z napájecího místa – transformovny a zásobuje jednotlivé odběry. Kterýkoliv vývod je jednotlivý a nemůžeme ho vzájemně propojovat. Takovýto způsob rozvodu je zpravidla nejlevnější a to na úkor spolehlivosti dodávky energie. Síť s paprskovým rozvodem používáme nejčastěji tam, kde výpadek energie nezpůsobí velké ztráty například na venkovech.



Obrázek 2.7: Schéma papřkového rozvodu [16]

- Okružní rozvod – okružní rozvod můžeme znát také pod názvem smyčková síť. Z názvu je patrné, že se okružní rozvod skládá z mnoho polosmyček, které jsou vedeny tak, aby byly vzájemně sepnuty do smyček zavřených. Síť můžeme provozovat i jako papřkovou – rozepnutou. Výhodou okružního rozvodu oproti papřkovému rozvodu je větší spolehlivost, protože dochází k napájení ze dvou a více stran. Naopak mezi nevýhodu řadíme cenu, která je vyšší, jelikož je třeba větší délka vedení. Síť s okružním rozvodem se nejčastěji využívá u napěťových soustav VVN, NN ale i VN.



Obrázek 2.8: Schéma okružního rozvodu [16]

3 Návrh koncepce řešení dobíjecí stanice pro elektrobusesy

Vlastní návrh práce jsem zpracoval na základě vstupních informací a známých parametrů. Aby bylo možné navrhnout koncepci dobíjení elektrobusesů, bylo potřeba znát počet a typ elektrobusesů, které chce ČSAD provozovat.

Tuto diplomovou práci jsem navrhl na konkrétní město, které nelze uvádět. Pojmenujme ho tedy město ABC. Specifické pro toto město jsou autobusové linky, které jezdí okružní linky. Bereme tedy v úvahu, že počáteční zastávka je zároveň i konečná. Ve městě ABC jezdí celkem 5 linek. V současné době se vedení města rozhodlo vyměnit 5 dieselových autobusů za 5 nových elektrobusesů značky SOR Libchavy.

Cílem diplomové práce je navrhnout koncepci řešení dobíjecí stanice pro elektrobusesy včetně kioskové trafostanice. Každý projekt má svého investora (v našem případě se jedná o ČSAD), který si diktuje požadavky. V našem případě má investor tyto požadavky:

- Vytvoření projektové dokumentace pro dvě rychlé dobíjecí stanice a pět pomalých dobíjecích stanic. Oba tyto typy dobíjecích stanic musí komunikovat s elektrobusesy značky SOR Libchavy.
- Navrhovaná trafostanice bude připojena na vysoké napětí, která je ve zprávě distributora elektrické energie (přípojka vysokého napětí není součástí této diplomové práce, jelikož si tuto část řeší distributor sám).

3.1 Návrh koncepce řešení dobíjecích stanic

Koncepce dobíjecích stanic jsem navrhl v závislosti na počtu elektrobusesů, typů zadaných elektrobusesů a strategii městských linek. Od zadavatele projektu jsem dostal informaci, že čas pro projetí každé linky se pohybuje v rozmezí 45-55 min a poté následuje přestávka. V této přestávce může docházet k nabíjení elektrobusesu v délce 15-20 min (čistý čas nabíjení). Okružní trasy linek začínají a končí na autobusovém stanovišti, kde zároveň i nocují. Trasa jedné okružní linky nepřesahuje 30 km.

Vzhledem k faktům a informacím od zadavatele jsem se rozhodl, pro řešení pomocí tzv. dobíjení na koncových stanicích, které je popsáno v kapitole 2.1.3. U tohoto typu města by bylo možné využít i tzv. dobíjení nočního a poledního dobíjení pokud by došlo ke zkrácení pauzy pro dobíjení nebo zrušení okružních linek.

Pro níže specifikované dobíjecí stanice jsem se rozhodl z důvodů kompatibility zásuvek mezi elektrobusesem viz. obrázek 3.1 a rychlé dobíjecí stanice. Jelikož elektrobuses není vybaven pantografem, nebylo možné využít automatického dobíjení pomocí pantografu a musel jsem zvolit dobíjení pomocí kabelu.



Obrázek 3.1: Konektory v elektrobuse SOR EBN 11

3.1.1 Parametry elektrobusů SOR EBN 11

Výběrovým řízením na elektrobusey pro MHD byla vybrána česká společnost SOR Libchavý, která zvolila elektrobusey dle požadavků investora SOR EBN 11. Technické parametry tohoto elektrobusu jsou uvedeny v tabulce 3.1.

Tabulka 3.1: *Parametry elektrobusu EBN 11 [17]*

Rozměry	Délka	EBN 11
	Rozvor náprav	11 100 mm
	Šířka	6 320 mm
	Výška	2 525 mm
Karoserie	Počet dveří	2 920 mm
	Šířka předních dveří	3 (2)
	Šířka ostatních dveří	800 mm
	Nástupní výška	1 200 mm
	Výška podlahy-přední/zadní	325 mm
	Sedadla	360/800 mm
Hmotnost	Pohotovostní	Městská skořepinová
	Max. technický přípustná	9 700 / 10 500 kg
Obsaditelnost	Sedících	23 - 33
Vlastnosti	Obrysový poloměr zatáčení	12 m
	Nájezdový úhel přední/zadní	8° / 9°
	konstrukční rychlost	80 km/h
Motor	Typ	Asynchronní šestipólový, vodou chlazený
	Výkon	120 kW
	Krouticí moment	968 Nm
Přední náprava	Výrobce/Typ	SOR / BN 004
Zadní náprava	Výrobce/Typ	DANA / G150
Kola	Disk/pneumatika	7,50 x 19,5 / 285 / 70 R 19,5
Brzdy	Výrobce/Typ	Knorr / SN6
EBS/ESC	Výrobce	Wabco
Řízení	Výrobce/Typ	RBL / Hydraulické s pomocným hydrogenerátorem
Elektrovýzbroj	Výrobce	Cegelec, a.s.
Akumulátory	Výrobce/Typ	Winston Battery / Lithium - ion
	Kapacita	172 kWh
Výbava na přání	Klimatizace	
	Informační systém	Dle specifikace zákazníka

3.1.2 Parametry rychlé dobíjecí stanice

Součástí projektu byly zvoleny rychle dobíjecí stanice s parametry uvedené v tabulce 3.2.

Tabulka 3.2: *Parametry rychlé dobíjecí stanice [18]*

Vstupní napětí	3x400 V AC
Vstupní pojistky	250 A
Výstupní napětí	3x400 V AC
Výstupní proud	250 A
Krytí	IP44
Nabíjecí konektor	KRD 20
Pracovní teplota	-25°C - +40°C
Rozměry (skříň)	1 200 x 1 900 x 600 mm
Hmotnost	300 kg

3.1.3 Parametry pomalé dobíjecí stanice

Pomalé dobíjecí stanice byly dodávány společně s elektrobusesy. Technické parametry pomalé dobíjecí stanice jsou uvedeny v tabulce 3.3.

Tabulka 3.3: *Parametry pomalé dobíjecí stanice [19]*

Vstupní napětí	3x400 V AC
Vstupní pojistky	63 A
Výstupní napětí	3x400 V AC
Výstupní proud	63 A
Krytí	IP44
Nabíjecí konektor	3x400Vac/63A+N+PE 1x kontakt CP - kontrolní vodič 1x kontakt PP - komunikační
Pracovní teplota	-40°C - +40°C
Rozměry (skříň)	460 x 425 x 1010 mm
Hmotnost	27 kg

3.1.4 Vlastní návrh řešení dobíjení

K nočnímu dobíjení jsem navrhl dobíjecí stanice, které jsou součástí dodávky elektrobusesů. Každý elektrobuses bude mít tedy svou pomalou dobíjecí stanici a nabíjecí místo. Celkem bude pomalými dobíjecími stanicemi vybaveno pět míst. Tyto dobíjecí stanice mají dostatečný výkon pro dobíjení baterií elektrobusesů v nočních hodinách, kdy elektrobusesy nejezdí. Při analýze 24hodinového provozu elektrobusesu je dobíjení výkonem 44 kW (viz. výpočet 3.1–3.3) dostačující na to, aby byl elektrobuses přes noc plně dobit před výjezdem na denní provoz.

$$P = \sqrt{3} \cdot PF \cdot I \cdot \frac{U_{L-L}}{1000} \quad (3.1)$$

$$P = \sqrt{3} \cdot 1.64 \cdot \frac{400}{1000} \quad (3.2)$$

$$P = 44,34 \text{ kW} \quad (3.3)$$

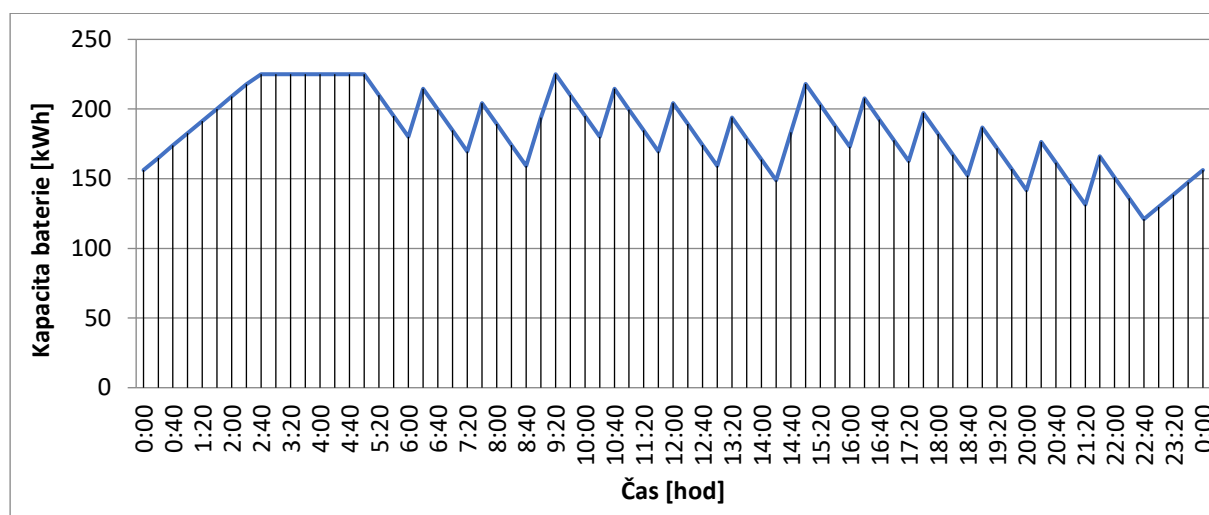
Pro krátkodobé nabíjení přes den jsem navrhl 2 ks rychlých dobíjecích stanic. Jízdní řády jsou uzpůsobeny tak, aby se každý elektrobus mohl v nabíjení střídat. Během rychlého nabíjení je elektrobus schopen načerpat za 15 min pomocí zvolené dobíjecí stanice energii přibližně 43 kWh, což znamená, že je přibližně 4x rychlejší než pomalá dobíjecí stanice (viz. výpočet 3.4–3.6).

$$P = \sqrt{3} \cdot PF \cdot I \cdot \frac{U_{L-L}}{1000} \quad (3.4)$$

$$P = \sqrt{3} \cdot 1 \cdot 250 \cdot \frac{400}{1000} \quad (3.5)$$

$$P = 173,20 \text{ kW} \quad (3.6)$$

V následujícím grafu (obrázek 3.2) je znázorněna konkrétní linka hromadné dopravy, v provozu od pondělí do pátku. O víkendu a státních svátcích není potřeba tolik dobít kapacitu baterie, jelikož provoz linek je značně omezen. Počítejme s tím, že elektrobus ujede přibližně 25 km mezi každým cyklem dobíjení.



Obrázek 3.2: Způsob dobíjení elektrobuse

V grafu na ose Y je zobrazena kapacita baterie v kWh, na ose X je daný čas během dne, tedy 24 hodin. Jde-li křivka nahoru, znázorňuje to nabíjení. Naopak pokud jde křivka dolů, je zřejmé, že elektrobus je v provozu. Z grafu je patrné, že elektrobus je napájen mezi 22:40 – 2:40 hod pomocí pomalé nabíječky. Křivka stagnující tj. mezi 2:40 – 5:00 hod. znázorňuje plné nabití kapacity baterie, kdy v zimních měsících může docházet k temperování elektrobuse před jízdou. Mezi 5:00 – 22:40 je linka využita naplno, tedy elektrobus jezdí okružní linky a v době přestávky se nabíjí.

V této diplomové práci jsem zvolil výrobce dobíjecích stanic RAIL ELECTRONICS CZ s.r.o. Důvodů, proč jsem vybral tohoto výrobce, je hned několik. Mezi největší důvod patří plná kompatibilita s elektrobusem SOR Libchavy. Dalším důvodem je, český výrobce, s tím se pojí i česká podpora a v případě problému s elektrobusem i český servis, který může být u elektrobusem mnohem rychleji než zahraniční. Nemůžeme opomenout zmínit i příznivou cenu dobíjecích stanic.

3.2 Návrh koncepce trafostanice

Při návrhu trafostanice jsem měl 3 možnosti, jaký typ trafostanice využít (sloupová, kiosková a zděná). Jelikož v této úspěšné době, chtěl investor využívat elektrobuses co nejdříve, tak zděnou

trafostanici jsem nepovažoval jako nejrychlejší možnost pro výstavbu. Zbyly mi tedy možnosti sloupová a kiosková. Sloupovou trafostanici, i když je levnější jsem nevybral, jelikož bude VN přívod v zemi kabelový a ve městě (intravilánu) je požadavek vedení vést zemí. I když není problém kabelový přívod vyvést po sloupu a vybudovat tak sloupovou trafostanici, rozhodl jsem se pro trafostanici kioskovou, která není tak vysoká a nenarušuje ráz krajiny. Mezi další výhodou kioskové trafostanice považuji bezpečnost a spolehlivost. V kioskové trafostanici jsou všechny komponenty (transformátor, VN rozvaděč, NN rozvaděč a měření) umístěny v obslužné výšce, a přitom ukryty proti vandalismu.

3.2.1 Výběr typů kioskové stanice

Pro výběr správné velikosti kioskové trafostanice, musí být splněno několik požadavků a podmínek. První a základní podmínkou je nutnost znalosti typu, velikosti a počtu transformátorů. Dále je potřeba dodržet všechny připojovací podmínky a požadavky, které nám stanoví distributor elektrické sítě. V mém případě se jedná o E.ON Distribuce, a.s. Po vyhodnocení všech požadavků a výpočtu velikosti transformátoru jsem zvolil kioskovou trafostanici Betonbau, s.r.o. typ UKL 3119L, který bude vyzbrojen v závodě Betonbau, s.r.o. tak, aby montáž na stavbě byla co nejjednodušší. Osazení a typy komponentů jsou popsány níže.

3.2.2 Výběr transformátoru

Pro výběr transformátoru jsem zvolil olejový hermeticky uzavřený transformátor, který je nejen levnější než transformátor suchý, ale také má i jiné výhody například je vhodnější do venkovních prostor a je tišší. Ve venkovních prostorech je tento typ transformátoru nejpoužívanější. Olejový transformátor má lepší schopnosti chlazení než suchý transformátor. Výhodou kiosku je, že je vybaven záchytnou jímkou pro případný únik oleje a také je trafokomora oddělena jako samostatný požární úsek což má nesmírnou výhodu, kdyby došlo k požáru transformátoru. Nevýhodou olejového transformátoru je složitější likvidace, kvůli transformátorovému oleji.

Tabulka 3.4: Porovnání parametrů transformátorů [20]

Parametr	Jednotka	Suchý	Olejový herm.
základní výkon	kVA	5300	5300
jmenovitý výkon	kVA	6400	6400
spojení		Yyn0d1	Yyn0d1
uk pro In	%	7	7,5
akustický výkon	dB	78,7	69
ztráty naprázdno	kW	10	3,5
ztráty nakrátko	kW	24	19,5
chlazení		AN	ONAN
hmotnost	kg	13900	11200
olej	kg	0	2,45
šířka	mm	3260	2420
výška	mm	2650	2620
hloubka	mm	1810	1750
krytí		IP00	IP54

V tabulce 3.4 jsou porovnány parametry suchého a olejového hermeticky uzavřeného transformátoru. Je vidět, že olejový hermetický transformátor je pro venkovní použití vhodnější z pohledu krytí IP a také má menší ztráty než transformátor suchý.

3.3 Návrh rozvaděčů a kabelových tras pro napojení technologie

Návrh rozvaděčů, kabelových tras a dimenzování kabelů jsem prováděl podle platných českých norem.

3.3.1 Návrh rozvaděčů

V mém projektu budou navrženy dva NN rozvaděče, jeden VN rozvaděč a rozvaděč SM pro měření. VN rozvaděč a výzbroj SM rozvaděče je dodávkou distributora.

Prvním a hlavním NN rozvaděčem je rozvaděč RH, který je umístěn v NN části kiosku. Přívod pro tento rozvaděč je přímo ze svorek transformátoru na svorky hlavního jističe, který je zaplombovaný distributorem. Rozvaděč je také vybaven cejchovanými měřicími transformátory proudu pro fakturační měření, svodiči přepětí, kompenzační transformátoru, hlavním jističem, vlastní spotřebou (zásuvka 400 V, zásuvka 230 V a osvětlení trafostanice) a NN vývody pro zákazníka.

Druhým NN rozvaděčem bude podružný rozvaděč umístěný mimo kioskovou trafostanici pro napojení požadované technologie a zařízení zákazníka. Přívod pro tento rozvaděč bude z pojistkových odpínačů v hlavním rozvaděči RH kioskové trafostanice.

VN rozvaděč bude dodán distributorem E.ON Distribuce, a.s., jelikož trafostanice bude zařazena do VN smyčky – bude to tedy zařízení distributora. Z připojovacích podmínek distributora jsem se dočetl, že rozvaděč VN bude konfigurací KKT což znamená že bude o velikosti třech polí, přičemž dvě pole slouží pro kabelovou smyčku a jedno pole pro vývod na transformátor.

Posledním rozvaděčem je rozvaděč SM pro umístění fakturačního měření. Rozvaděč je umístěn z venkovní strany kioskové trafostanice a slouží pro odečet spotřebované energie a je také ve vlastnictví distributora. Tento elektroměr musí být cejchovaný a zaplombovaný, aby nedošlo k neoprávněné manipulaci s měřidlem elektrické energie.

3.3.2 Návrh kabelových tras

Pro správný návrh kabelových tras jsem potřeboval vyjádření všech vlastníků inženýrských sítí. Po zakreslení všech inženýrských sítí do situační (katastrální) mapy jsem začal vyhledávat optimální kabelovou trasu. Kabelovou trasu jsem navrhoval s ohledem na ochranné pásma a platné normy.

3.4 Použité nástroje pro tvorbu projektové dokumentace

Pro tvorbu projektové dokumentace jsem využil software pro výpočet kabelů, kreslení situačních výkresů a kancelářský balíček MS Office pro rozpočet a tvorbu technické zprávy.

Pro výpočet průřezu kabelů a návrhu jistění pro část NN jsem využil volně stažitelného softwaru Sichr od OEZ s.r.o., který provádí výpočty podle platných výpočtů a norem. Tento software jsem využil, protože nabízí velkou variabilitu v možnostech zadávání parametrů, výběrů prvků (kabely, jističe, pojistky, atd) a disponuje velkým množstvím výstupů (úbytky napětí, oteplení vedení, atd). Sichr umí také pracovat a zohledňovat parametry jako jsou např. počet paralelních kabelů nebo vodičů, uložení a umístění kabelů, teplotu okolí kabelů a mnoho dalšího.

Pro kreslení schémat a situačních výkresů jsem využil software AutoCAD LT 2021 ke zpracování katastrálních map a mapových podkladů ve formátu .dwg.

Technickou zprávu, výkaz výměr a další dokumenty jsou tvořeny v kancelářském balíčku MS Office 365.

4 Projektová dokumentace

Dobrá projektová dokumentace se neobejde bez kvalitních podkladů, obhlídky místa a konkrétního zadání.

4.1 Zadání

Navrhnete dobíjecí stanice pro denní provoz 5 ks elektrobusů SOR EBN 11. Dále požadujeme opravu stávajícího veřejného osvětlení v místě dobíjecích stanic – rozmístění sloupu, typy svítidel a výpočet osvětlení bylo provedeno projektantem osvětlení (není předmětem tohoto projektu).

4.2 Příprava na projekční činnost

Před zahájením projekčních prací bylo dohodnuto s provozovatelem elektrobusů, že z důvodu velkých výkonů odebíraných z distribuční sítě, bude sjednán VN odběr pro podnikatele, který bude výhodnější.

Dále byl zpracován projekt stavební části, ze kterého jsou patrná parkovací místa pro jednotlivé elektrobusy. Při zpracování projektové dokumentace elektro byl konzultován návrh s investorem a stavebním projektantem.

Zadavatel projektové dokumentace poskytl na vyžádání tyto dokumenty:

- Protokol o vnějších vlivech k dotčeným prostorům;
- výpočet rizik;
- výpočet osvětlení pro dané prostory;
- dokumentaci k elektrobusům;
- smlouvu a připojovací podmínky E.ON Distribuce, a.s.;
- stavební projekt pro parkovací místa elektrobusů.

Další potřebné podklady a dokumenty pro projekční činnost, které jsem musel shromáždit:

- Dokumentace k pomalým dobíjecím stanicím;
- dokumentace k rychlým dobíjecím stanicím;
- vyjádření dotčených orgánů;
- technické informace k transformátoru;
- technické informace ke kioskové trafostanici;
- technické informace k použitým přístrojům (katalogy výrobců).

4.3 Základní údaje o stavbě

a) Název stavby

Stavba dobíjecích stanic elektrobusů

b) Místo stavby

parcela číslo:	957/5; 957/4;
katastrální území:	xxxx
obec:	xxxx
okres:	xxxx
kraj:	xxxx

c) Předmět projektové dokumentace

Projektová dokumentace je zpracovávána pro výstavbu 5 ks pomalých a 2 ks rychlých dobíjecích stanic pro elektrobusy včetně kioskové trafostanice, opravy veřejného osvětlení pro obsluhu dobíjecích stanic a kabelových přípojek NN. Přípojka VN 22 kV není součástí této dokumentace, je řešena samostatnou stavbou distributora E.ON Distribuce, a.s.

4.4 Koncepce řešení

Koncepce řešení je přizpůsobená normám, okolí a potřebám investora.

4.4.1 Umístění stavby

Stavba se nachází uvnitř areálu autobusového nádraží. Areál je oplocený a do míst kde parkují autobusy a nově i elektrobusy je zakázán vstup nepovolaným osobám. Areál je taktéž opatřen dopravním značením. Do areálu je také zakázán vjezd bez povolení ČSAD. Pro umístění dobíjecích stanic byla vybrána místa se šikmým stáním kolem betonového oplocení areálu. První parkovací místo, které sousedí s hranicí pozemku bylo vybráno pro parkování kratšího autobusu, který nepotřebuje dobíjecí stanici z důvodu úspory místa. Na zbylé části parkovacího místa bude umístěna vyprojektovaná kiosková trafostanice.



Obrázek 4.1: Stávající stav před realizací projektu [21]

Uspořádání a návrh parkovacích míst je patrné ze situačního výkresu DP_2020/21_4.01 v příloze A této diplomové práce.

Při umisťování všech částí stavby bylo nutné brát zřetel na stávající inženýrské sítě. V této lokalitě se nachází datové kabely CETIN, od kterých jsem musel dodržet ochranné pásmo 2 m. Ostatní sítě, jako plyn, voda a veřejné osvětlení města, jsou vedeny mimo areál ČSAD a nezasahují do jejich ochranného pásma. Před realizací je nutné objednat vytýčení sítě dle všeobecných podmínek společnosti CETIN. Dále je pak při realizaci nutné kontaktovat technika, který před záhozem zkontroluje neporušení datových kabelů a dá souhlas k záhozu a vrácení do původního stavu.

4.4.2 Dobíjecí stanice

Pomalé dobíjecí stanice

Každé parkovací místo pro elektrobusy bude vybaveno pomalou dobíjecí stanicí typu NSP25 (5 ks). Pomalá dobíjecí stanice je dodávána společně s elektrobusy. Výkon pomalé dobíjecí stanice je

cca 44 kW. Tento výkon je dostačující pro dobítí akumulátorů autobusů naplno přes noc. Pomalé dobíjecí stanice jsou mobilní, ale dle návodu k použití nesmí být dobíjecí stanice napojeny přes zásuvku a musí být tedy napojeny tzv. na přímo. Aby byla manipulace s nabíječkami co nejmenší, bude pro ni vytvořena plechová skříň, ve které bude krabice 3956 s hlavním vypínačem s polohami zapnuto a vypnuto, 63 A, IP65 a dvěma vývodkami M40 pro přívodní kabel z rozvaděče RMS1 a vývodní kabel do dobíjecí stanice. Hlavní vypínač bude sloužit pro bezpečné odpojení dobíjecí stanice od elektrické sítě.



Obrázek 4.2: Krabice 3956 s hl. vypínačem IP65, Pomalá dobíjecí stanice NSP25

Rychlé dobíjecí stanice

Rychlé dobíjecí stanice typu RNS32 budou pouze dvě a budou umístěny na prvních dvou parkovacích místech vedle pomalé dobíjecí stanice. Každá tato stanice má výkon cca 173 kW a bude sloužit pro krátkodobé dobíjení na konečné stanici. Tato dobíjecí stanice je tvořena skříňovým rozvaděčem o dvou polích, přičemž v prvním poli je umístěná elektronika a ve druhém poli je umístěn připojovací kabel s konektorem KRD 20 pro elektrobus. Tento druh dobíjecí stanice jsem zvolil, jelikož má dostatečný výkon a je kompatibilní s elektrobusem SOR. Ovládání dobíjecí stanice je pomocí barevného displeje na dveřích prvního pole rozvaděče. Rychlé dobíjecí stanice budou vybaveny GSM modulem pro komunikaci s dispečerským počítačem pro vzdálený dohled nad dobíjecími stanicemi. Aby nebyl překročen celkový proud na trafostanici, bylo nutné softwarově nastavit rychlé dobíjecí stanice tak, aby jejich celkový proud nepřesáhl 490 A. Toto opatření bylo nutné z důvodu ceny za rezervovanou kapacitu a příkon v daném místě.



Obrázek 4.3: Rychlá dobíjecí stanice RNS32

Pro umístění rychlé dobíjecí stanice bude vytvořen betonový základ podle výkresu a požadavků výrobce.

Rozmístění dobíjecích stanic je patrné ze situačního výkresu v příložené projektové dokumentaci. Při umísťování dobíjecích stanic jsem vycházel ze stavebních podkladů, umístění zásuvek pro dobíjení na elektrobusech a délkou napájecích kabelů u dobíjecích stanic.

Výkonová bilance dobíjecích stanic

5 ks pomalé dobíjecí stanice $5 \times 44 \text{ kW} = 220 \text{ kW}$

2 ks rychlé dobíjecí stanice $2 \times 173 \text{ kW} = 346 \text{ kW}$

4.4.3 Trafostanice

Výběr trafostanice

Pro tento projekt jsem navrhl betonovou kioskovou trafostanici typu UKL 3119L – Betonbau o půdorysných rozměrech 1920 x 3150 mm a výšce 1695 mm nad terénem, která bude postavena na parcele číslo 957/5 viz. Příloha A – výkres DP_2020/2021_4.02 C.3.1 Vytyčovací plán v S – JTSK. V projektové dokumentaci nemohou být uvedeny konkrétní body v souřadnicovém systému S – JTSK, odkud by bylo patrné, kde se stavba nachází. Kiosková trafostanice je vhodná pro olejové transformátory z důvodu záchytné olejové jímky, která je opatřena protiolejovým nátěrem. Tuto trafostanici jsem zvolil po dohodě s distributorem, jelikož bude trafostanice na straně VN připojena na okružní vedení – smyčce. Trafostanice bude kompletně vybavená ve výrobním závodě Betonbau a poté převezena do areálu ČSAD a pomocí jeřábu umístěna na místo. Tato trafostanice bude vybavena VN rozvaděčem dodaným distributorem E.ON Distribuce, a.s., NN rozvaděčem a rozvaděčem USM pro měření.

Výpočet transformátoru

V místě výstavby dobíjecích stanic je napěťová hladina VN 22 kV. Musím zvolit takový transformátor, který má primární napětí 22 kV a sekundární napětí 0,4 kV neboli převod 22/0,4 kV.

Aby byl zaručen spolehlivý provoz trafostanice a tím dobíjení elektrobuseů vystačil by transformátor o výkonu 400 kVA viz. výpočet 4.1 – 4.3.

$$S = \sqrt{3} \cdot I \cdot \frac{V_{L-L}}{1000} \quad (4.1)$$

$$S = \sqrt{3} \cdot 500 \cdot \frac{400}{1000} \quad (4.2)$$

$$S = 346,41 \text{ kVA} \quad (4.3)$$

Zde je počítáno s proudem 500 A, které odebírají rychlé dobíjecí stanice. Přes den, kdy nebude svítit veřejné osvětlení a ani se nebude dobíjet pomalými dobíjecími stanicemi, není nutné uvažovat s potřebným vyšším výkonem. V nočních hodinách budou odběry nižší, tudíž není potřeba dalších výpočtů.

Jelikož se počítá s rozvojem, navrhl jsem po dohodě s investorem transformátor o výkonu 630 kVA, který má dostačující výkon pro napojení tří rychlých dobíjecích stanic pro elektrobuses. Při současném provozu tří rychlých dobíjecích stanic je potřeba proud 750 A, což odpovídá cca 520 kVA viz. výpočet 4.4 - 4.6.

$$S = \sqrt{3} \cdot I \cdot \frac{V_{L-L}}{1000} \quad (4.4)$$

$$S = \sqrt{3} \cdot 750 \cdot \frac{400}{1000} \quad (4.5)$$

$$S = 519,61 \text{ kVA} \quad (4.6)$$

Při plném provozu tří rychlých dobíjecích stanic by byl transformátor vytížen přibližně na 82 %. V mém případě, kdy jsou navrženy pouze dvě rychlé dobíjecí stanice, bude využití transformátoru přibližně 55 %. Zbýlý výkon bude jako rezerva pro rozvoj dobíjecích stanic v budoucnu, jak bylo požadováno investorem před zahájením projektových prací.

Zvolil jsem tedy hermetický olejový transformátor 22/0,4 kV o výkonu 630 kVA od společnosti ABB typ TNOSCTCZ-630/22PNSM.

VN rozvaděč

VN rozvaděče budou umístěny v části VN kioskové trafostanice, které jsou v majetku distributora E.ON Distribuce, a.s. Konfigurace VN rozvaděče je navržena jako KKT, což znamená, že trafostanice je vřazena do okružní distribuční sítě – smyčky. VN strana bude opatřena svodiči přepětí.

Výběr měřicí skříně USM

Podle připojovacích podmínek distributora bude měření spotřeby energie měřeno na straně NN pomocí cejchovaných měřících transformátorů proudu 500/5 A s třídou přesnosti 0,5S a jmenovitou zátěží max. 10 VA. Tyto měřicí transformátory budou napojeny na elektroměr, který bude umístěn ve skříní měření SM-1. Elektroměr bude dodán distribuci při předložení revizní zprávy a bude možné trafostanici připojit k distribuční soustavě. Schéma zapojení trafostanice je součástí projektové dokumentace viz. příloha A – DP_2020/2021_5.06 D.2.1 Trafostanice VN/NN "Schéma trafostanice".

4.4.4 Přípojka VN

Technické parametry VN

Jmenovité izolační napětí	25 kV, 50 Hz
Jmenovité provozní napětí	22 kV, 50 Hz
Rozvodná soustava	3 AC 50 Hz 22 kV / IT
Zkratová odolnost zařízení	$I_{th} = 16 \text{ kA}$ $I_{dyn} = 40 \text{ kA}$

Přípojka VN je řešena samostatným projektem E.ON Distribuce, a.s. Bude provedena smyčka VN kabelem 2x3xNA2XS2Y 1x240mm², mezi úsekovým odpojovačem ÚS xxxx a trafostanicí TS xxxx.

4.4.5 Rozvaděč NN

V projektu jsem navrhl dva NN rozvaděče. První rozvaděč RH1 je součástí kioskové trafostanice a druhý rozvaděč RMS1 slouží pro rozvod elektrické energie pro spotřebiče. Oba rozvaděče jsou dimenzovány na celý výkon transformátoru 630 kVA, což odpovídá 909 A viz. výpočet 4.7 - 4.9.

$$I = 1000 \cdot \frac{S}{\sqrt{3} \cdot V_{L-L}} \quad (4.7)$$

$$I = 1000 \cdot \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 400} \quad (4.8)$$

$$I = 909,32 \text{ A} \quad (4.9)$$

Technické parametry NN

Rozvodná soustava	3/PEN AC 50 Hz, 400 V / TN-C 3/PEN-N/PE AC 50 Hz, 400 V / TN-C-S
Kompensace trafo	8 kvar
Zkratová odolnost	$I_{th} = 25 \text{ kA} > I_k'' = 9,49 \text{ kA}$ $I_{dyn} = 45 \text{ kA}$

Rozvaděč RH1

Rozvaděč RH1 je součástí kioskové trafostanice. Typ rozvaděče jsem volil RH1000 se čtyřmi vývody. V rozvaděči jsou umístěny servisní zásuvky 230 V/16 A a 400 V/32 A, které jsou určené výhradně pro servis a údržbu kioskové trafostanice. Dále je v rozvaděči umístěn hlavní jistič MODEION BL 1000N se spouští SE-BL-J1000-DTV3 nastavenou na 490 A, která je nastavena a zaplombována distributorem pro neoprávněné navýšení hodnoty rezervovaného příkonu. Pro vyvedení výkonu z rozvaděče RH1 jsou k dispozici 4 ks lištových pojistkových odpínačů s výkonovými pojistkami vel. 3.

Rozvaděč RMS1

Rozvaděč RMS1 je samostatně stojící oceloplechový rozvaděč o dvou polích s krytím IP54. Celkové rozměry rozvaděče jsou 1600x2100x400 mm. Rozvaděč je umístěn vedle kioskové trafostanice a slouží pro napájení rychlých dobíjecích stanic, pomalých dobíjecích stanic a opravené části veřejného osvětlení včetně ovládání pomocí astrophodin. Přívod z rozvaděče RH1 jsem navrhl přímo na svorky blokového odpínače BL1000 umístěného v prvním poli rozvaděče RMS1. Dále jsou v prvním poli umístěny dva jističe BD250 pro vývody na rychlé dobíjecí stanice a jeden jistič BD250 jako rezerva.

Ve druhém poli je navrženo 7 ks pojistkových odpínačů OPV22 s pojistkami o jmenovité hodnotě 100 A pro omezení zkratu. Za pojistkami jsou zapojeny jističe 5 ks typu LTN 63D/3 pro pomalé dobíjecí stanice a 1 ks typu LTN 20C/3 pro napájení a ovládání opravené části veřejného osvětlení. Poslední, sedmý pojistkový odpínač, slouží jako rezerva.

Nové i stávající kabelové rozvody budou jištěny v rozvaděči NN kioskové trafostanice a rozvaděči RMS 1. Jištění je navrženo proti přetížení a zkratu a také z hlediska požadavků ČSN 33 2000-4-41 ed. 3 a PNE 33 0000-1 ed. 5 k zajištění ochrany samočinným odpojením od zdroje. Schéma jištění NN pro vývody v kioskové trafostanici je na výkrese č. DP_2021/22_5.06 a schéma jištění rozvaděče RMS1 na výkrese č. DP_2021/22_5.09. Ochrana proti přepětí bude provedena omezovači přepětí umístěnými v rozvaděči NN v nové kioskové trafostanici.

4.4.6 Oprava osvětlení

Oprava osvětlení spočívá ve výměně 5 ks stávajících stožárů veřejného osvětlení za nové stožáry o stejných parametrech. Vybral jsem tedy stožár JB8S – 8 m s výložníkem V 1/89 – 2000 mm od společnosti Amako. Pro připojení svítidel na jednotlivých stožárech jsem stožár vybavil stožárovou výzbou SR 561-14 Z/Cu. Svítidla pro osvětlení byla zvolena ADEL E XXX.120-3070-T3M, 123W od společnosti Pechman. Byl proveden kontrolní výpočet osvětlení, který byl předložen investorem a byl podkladem pro projektovou dokumentaci.

4.4.7 Kabely a kabelové trasy

Z nové kioskové trafostanice budou z rozvaděče RH1 v trafostanici vyvedeny tři kabely typu 1-AYKY 3 x 240 + 120 mm², které budou připojeny do nového rozvaděče RMS1. Kabely budou uloženy v chrániče KOPOFLEX DN 160.

Z rozvaděče RMS1 budou vedeny pro rychlé dobíjecí stanice kabely 1-CXKE-V 3 x 120 + 70mm², které budou uloženy ve výkopu v chráničkách KOPOFLEX DN 110. Pro pomalé dobíjecí stanice budou vedeny kabely CYKY 3 x 35 + 25 mm², které budou uloženy ve společném výkopu v chráničkách KOPOFLEX DN 63. Kabely pro VO budou prosmyčkovány přes stožáry VO kabelem CYKY 5 x 6 mm², který bude uložen ve výkopu v chrániče KOPOFLEX DN 50. Společně ve výkopu bude uložen i zemnicí pásek FeZn 30x4 mm, ke kterému se připojí jednotlivé stožáry.

Vedení i zemní práce budou provedeny v souladu s požadavky platných ČSN 73 6005 Z1 a PNE 34 1050. Kabelové vedení NN bude uloženo ve výkopech, v chráničkách typu KOPOFLEX. V celé délce výkopu od rozvaděče RMS1 bude veden 1 ks rezervní chráničky KOPOFLEX DN 63. Rezervní chránička bude prosmyčkována přes všechny dobíjecí stanice.

4.5 Uzemnění

Uzemnění všech kovových částí jako dobíjecí stanice, NN rozvaděč a veřejné osvětlení bude provedeno zemnicím páskem FeZn 30x4 mm tak, aby přechodový odpor uzemnění nepřekročil hodnotu 5 Ω. Přípojnice PEN bude na uzemnění připojena přes zkušební svorku. Další uzemnění bude provedeno v nové kioskové trafostanici (viz. Trafostanice VN/NN). Uzemnění musí být provedeno podle požadavků normy ČSN 33 2000-5-54 ed.3.

Uzemnění trafostanice, společné pro stranu VN a NN, bude provedeno páskem FeZn 30 x 4 mm. Uzemnění tvoří jeden ekvipotenciální kruh kolem stanice, doplněný o ekvipotenciální práh na stranách, kde jsou vstupy do trafostanice a o 6 zemnicích tyčí. Kruhy budou propojeny paprsky pomocí dvojitých svorek SR 02. Na tuto kruhovou zemnicí soustavu bude připojen jeden paprskový

zemnič z pásu FeZn 30 x 4 mm, který bude uložen v kabelovém výkopu. Zemní soustava bude vyvedena na typové uzemňovací průchodky se svorníkem M12 pro technologické uzemňovací rozvodny trafostanice. Zemní přechodový odpor nesmí přesáhnout 5 Ω. Pro výpočet uzemnění je uvažováno s měrným zemním odporem $\rho = 110 \Omega \cdot m$.

Zemní odpor tyčového zemniče:

$$R_t = \frac{\rho_E}{(2 \cdot \pi \cdot L)} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot L}{D}\right) \quad (4.10)$$

$$R_t = \frac{110}{(2 \cdot \pi \cdot 2)} \cdot \ln\left(\frac{4 \cdot 2}{0,025}\right) \quad (4.11)$$

$$R_t = 50,49 \Omega \quad (4.12)$$

Zemní odpor obdélníkového zemniče FeZn 30 x 4 mm:

$$D_{1ekv} = \frac{2 \cdot (a+b)}{\pi} \quad (4.13)$$

$$D_{1ekv} = \frac{2 \cdot (4,2+3)}{\pi} \quad (4.14)$$

$$D_{1ekv} = 4,58 \text{ m} \quad (4.15)$$

$$D_{2ekv} = \frac{2 \cdot (a+b)}{\pi} \quad (4.16)$$

$$D_{2ekv} = \frac{2 \cdot (5,2+4)}{\pi} \quad (4.17)$$

$$D_{2ekv} = 5,86 \text{ m} \quad (4.18)$$

$$R_{E1} = \frac{\rho_E}{2 \cdot \pi^2 \cdot D_{1ekv}} \cdot \left(\ln \frac{8 \cdot D_{1ekv}}{d} + \ln \frac{\pi \cdot D_{1ekv}}{2 \cdot z} \right) \quad (4.19)$$

$$R_{E1} = \frac{110}{2 \cdot \pi^2 \cdot 4,58} \cdot \left(\ln \frac{8 \cdot 4,58}{0,015} + \ln \frac{\pi \cdot 4,58}{2 \cdot 0,65} \right) \quad (4.20)$$

$$R_{E1} = 12,42 \Omega \quad (4.21)$$

$$R_{E2} = \frac{\rho_E}{2 \cdot \pi^2 \cdot D_{2ekv}} \cdot \left(\ln \frac{8 \cdot D_{2ekv}}{d} + \ln \frac{\pi \cdot D_{2ekv}}{2 \cdot z} \right) \quad (4.22)$$

$$R_{E2} = \frac{110}{2 \cdot \pi^2 \cdot 5,86} \cdot \left(\ln \frac{8 \cdot 5,86}{0,015} + \ln \frac{\pi \cdot 5,86}{2 \cdot 0,85} \right) \quad (4.23)$$

$$R_{E2} = 9,92 \Omega \quad (4.24)$$

Zemní odpor dvojitého obvodového zemniče FeZn 30 x 4 mm:

$$R_{E12} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \cdot \frac{1}{z} \quad (4.25)$$

$$R_{E12} = \frac{12,42 \cdot 9,92}{12,42 + 9,92} \cdot \frac{1}{0,78} \quad (4.26)$$

$$R_{E12} = 7,07 \Omega \quad (4.27)$$

Výsledný zemní přechodový odpor soustavy:

$$R_E = \frac{1}{\frac{\eta_1 \cdot n}{R_t} + \frac{1}{R_{E12}}} \cdot \frac{1}{\eta_{ot}} \quad (4.28)$$

$$R_E = \frac{1}{\frac{0,78 \cdot 6}{50,49} + \frac{1}{7,07}} \cdot \frac{1}{0,9} \quad (4.29)$$

$$R_E = 4,75 \, \Omega \quad (4.30)$$

Vypočtený zemní odpor se může lišit od skutečnosti. V případě, že by skutečný odpor byl víc jak 5 Ω , je nutné přidat zemní tyče nebo zemnicí pásek do výkopu. Tuto skutečnost ovšem nepředpokládám.

4.6 Vnější systém ochrany LPS

Objekt je zařazen do třídy ochrany před bleskem LPL II v souladu s ČSN EN 62305-2 ed. 2. Při návrhu jsem vycházel z tvaru objektu, jeho výšky, situování a dle dalších požadavků výše uvedenou ČSN.

Na objektu bude umístěn vnější LPS neizolovaný (neoddálený) od chráněné stavby. Na objektu budou umístěny 2 svody. Svody budou vedeny po povrchu kioskové trafostanice.

Pro tuto LPS je jímací vedení navrženo z drátu AlMgSi \varnothing 8 mm. Jímací vedení bude uloženo na podpěrách PV 21 beton/plast. Uprostřed kioskové trafostanice bude umístěna jímací tyč o délce L = 1000 mm, která bude uchycena pomocí držáku jímací tyče a připojená svorkou k jímací soustavě.

Jímací soustava je provedena jako mřížová jímací soustava s jednou jímací tyčí uprostřed trafostanice.

Objekt bude opatřen dvěma svody. Všechny svody ke zkušebním svorkám budou provedeny pomocí drátu AlMgSi \varnothing 8 mm. Svody č. 1 a 2 budou umístěny na podpěrách do zdi PV 1p-55, upevněno pomocí hmoždinky, přičemž rozteč podpěr bude maximálně 1 m.

Zkušební svorky jsou umístěny nad úrovní terénu. Svody budou opatřeny klasickou uzemňovací zkušební svorkou SZ. Každý svod bude označen číslem svodu. Zkušební svorky u svodů budou umístěny ve výšce cca 1,2 m nad úrovní terénu. Svody budou chráněny ochranným úhelníkem nebo ochrannou trubkou.

Rozmístění prvků vnější ochrany LPS je patrný z výkresu v příloze A – DP_2020/2021_5.05 D.2.1 Trafostanice VN/NN "Vnější systém ochrany LPS".

5 Kalkulace investičních nákladů na výstavbu dobíjecí stanice a harmonogram stavby

V této kapitole diplomové práce jsem se zaměřil na náklady spojené s výstavbou dobíjecích stanic. Investor chce mít přehled o tom, kolik bude muset vynaložit finančních prostředků na navržený projekt dobíjecích stanic a potřebných zařízení, a za jak dlouho může být stavba realizována.

5.1 Kalkulace investičních nákladů

Kalkulace nákladů jsem rozdělil podle následujících bodů:

- kiosková trafostanice;
- dobíjecí stanice;
- rozvaděč RMS1;
- oprava VO;
- kabelové trasy;
- ostatní náklady.

V následujících kapitolách jsou veškeré ceny uvedeny bez DPH a jsou sestaveny dle ceníku vybraných společností.

Kiosková trafostanice

Pro převod napětí z VN hladiny 22 kV na NN hladinu 0,4 kV slouží trafostanice, která bude napájet dobíjecí stanice. Celkové náklady pro kioskovou trafostanici jsou 880 054,10 Kč. Hlavní části trafostanice tvoří transformátor, kiosek a NN rozvaděč. Tyto položky tvoří podstatnou část ceny. Rozklad celkové ceny je uveden v tabulce 5.1 a podrobný rozpočet je v příloze B.

Tabulka 5.1: *Náklady na kioskovou trafostanici*

Položka	Cena [Kč]
Kompletní trafostanice 22/0,4 kV	804 695,60
Stavební práce	8 224,50
Ostatní náklady	67 134,00
Cena celkem za kioskovou trafostanici	880 054,10

Dobíjecí stanice

Celkové náklady na dobíjecí stanice (5 ks pomalé, 2 ks rychlé) činí 742 872,40 Kč. Pomalé dobíjecí stanice jsou součástí elektrobuse, proto jejich cena není součástí nákladů. Je zde zahrnuta pouze montáž. Rychlé dobíjecí stanice jsou součástí projektu, tvoří jednu z největších položek. viz. tabulka 5.2.

Tabulka 5.2: *Náklady na dobíjecí stanice*

Položka	Cena [Kč]
Rychlé dobíjecí stanice	693 316,00
Pomalé dobíjecí stanice	24 000,00
Stavební práce	25 556,40
Cena celkem za dobíjecí stanice	742 872,40

Rozvaděč RMS1

Rozvaděč NN pro napájení technologie a opraveného VO včetně stavebních prací je vyčíslen na 237 122,00 Kč viz. tabulka 5.3.

Tabulka 5.3: *Náklady na rozvaděč RMS1*

Položka	Cena [Kč]
Rozvaděč RMS1	229 200,00
Stavební práce	7 922,00
Cena celkem za rozvaděč	237 122,00

Oprava VO

Oprava VO, které si žádal investor včetně stavebních prací, dosáhne 191 620,00 Kč viz. tabulka 5.4. VO slouží pro osvětlení parkovacích míst pro elektrobusy (část areálu ČSAD).

Tabulka 5.4: *Náklady na opravu VO*

Položka	Cena [Kč]
Oprava VO	161 480,00
Stavební práce	30 140,00
Cena celkem oprava VO	191 620,00

Kabelové trasy

Kabelové trasy a kabely pro napájení dobíjecích stanic a VO včetně chrániček. Stavební práce (výkopy, příprava lože, uložení kabelů, zasypání, terénní úpravy a úprava stávajícího živého povrchu) jsou náročné na provedení, proto představují i podstatnou část ceny viz. tabulka 5.5. Celkové náklady na výstavbu kabelových tras jsou 742 653,30 Kč.

Tabulka 5.5: *Náklady na kabelové trasy*

Položka	Cena [Kč]
Kabelové trasy	284 279,30
Stavební práce	458 374,00
Cena celkem za kabelové trasy	742 653,30

Ostatní náklady

Tuto sumu tvoří položky na zařízení staveniště, revize elektro, Engineering (stavební dozor atd.) a rozpočtová rezerva pro nepředvídatelné obtíže při realizaci díla. Rezerva a Engineering je tvořen procentuálně z celkových nákladů na stavbu díla. Ostatní náklady jsou stanoveny na 508 848,30 Kč viz. tabulka 5.6.

Tabulka 5.6: *Ostatní náklady*

Položka	Cena [Kč]
Ostatní náklady celkem	508 848,30

Celkové náklady na realizaci díla

Celkové náklady na realizaci jsou tvořeny z projekčních cen vybraných společností. Realizační náklady pro investici jsou stanoveny na 3 303 170,10 Kč. Reálná cena je předpokládána cca o 10 % nižší než projekční. Záviset bude na výběrovém řízení, které bude investor soutěžit před realizací. Jednotlivé investice za položky jsou shrnuty v tabulce 5.7.

Tabulka 5.7: *Celkové náklady na realizaci díla*

Položka	Cena [Kč]
Kiosková trafostanice	880 054,10
Dobíjecí stanice	742 872,40
Rozvaděč RMS1	237 122,00
Oprava VO	191 620,00
Kabelové trasy	742 653,30
Další náklady	508 848,30
Celkem za dílo	3 303 170,10

Detailní rozbor cen pro jednotlivé části projektu jsou uvedeny v příloze B této diplomové práce.

5.2 Harmonogram prováděných prací

V harmonogramu jsou uvedena období, za jak dlouho se stavba zrealizuje. Jak dlouho budou trvat jednotlivé úkony je uvedeno v tabulce 5.8.

Tabulka 5.8: *Harmonogram prováděných prací*

HARMONOGRAM PROVÁDĚNÝCH PRACÍ		
Úkon	Datum začátek provádění	Datum konce provádění
Stavební práce		
Vypracování projektové dokumentace na stavbu trafostanice a dobíjecích stanic vč. územního souhlasu	Podpis SoD "T"	T + 150 dnů
Odsouhlasení technického řešení	T + 55 dnů	T + 60 dnů
Nabytí právní moci územního rozhodnutí	T + 150 dnů	T + 164 dnů
Zemní práce pro výstavbu díla	T + 165 dnů	T + 190 dnů
Objednání a dodání trafostanice	T + 60 dnů	T + 167 dnů
Objednání a dodání dobíjecích stanic	T + 60 dnů	T + 181 dnů
Objednání a dodání rozvaděčů pro dobíjecí stanice a VO	T + 60 dnů	T + 181 dnů
Objednání a dodání ostatního materiálu – kabely, chráničky apod.	T + 120 dnů	T + 186 dnů
Výkop a příprava lože pro kioskovou trafostanici	T + 165 dnů	T + 170 dnů
Výkopy kabelových tras, příprava lože a uložení kabelových chrániček	T + 165 dnů	T + 175 dnů
Základy pro dobíjecí stanice a VO	T + 167 dnů	T + 180 dnů
Uložení kabelů ve výkopech, příprava uzemnění pro technologie	T + 171 dnů	T + 181 dnů
Usazení kioskové trafostanice	T + 171 dnů	T + 171 dnů
Usazení dobíjecích stanic	T + 181 dnů	T + 182 dnů
Zapojení vývodů NN z kioskové trafostanice do rozvaděče a technologií	T + 183 dnů	T + 188 dnů
Připojení kabelů 22kV E.ON distribuce	řeší E.ON Distribuce	
Terénní úpravy a oprava stávajícího živičného povrchu	T + 182 dnů	T + 192 dnů
Osazení a dopojení sloupů VO	T + 183 dnů	T + 186 dnů
Oživení technologie	T + 187 dnů	T + 192 dnů
Revize	T + 190 dnů	T + 192 dnů
Předání do zkušebního provozu	T + 192 dnů	

Závěr

Cílem diplomové práce bylo navrhnout koncepci a vytvořit projektovou dokumentaci dobíjecích stanic pro elektrobusy včetně kioskové trafostanice.

Diplomová práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. Teoretická část je rozdělena na dvě kapitoly. V první kapitole jsou shrnuty teoretické poznatky z oboru projektové činnosti (podmínky pro způsobilost projektanta elektro, platná legislativa a normy a tvorba projektové dokumentace). Druhá kapitola je zaměřena na způsoby a možnosti připojení k nabíjecí infrastruktuře, typy dobíjení elektrobusů, druhy zásobníků elektrické energie a popisuje možnosti připojení trafostanice na VN stranu.

Praktickou částí diplomové práce je návrh koncepce řešení dobíjecí stanice pro elektrobusy města ABC v České republice. Návrh je sestaven dle požadavků investora. Prvním požadavkem je vytvořit projektovou dokumentaci pro dvě rychlé dobíjecí stanice a pět pomalých dobíjecích stanic. Oba tyto typy dobíjecích stanic musí komunikovat s elektrobusy značky SOR Libchavy. Druhý požadavek je navrhnout trafostanice, která bude připojena na vysoké napětí, které je ve zprávě distributora elektrické energie E.ON distribuce, a.s.

Vytvořil jsem návrh koncepce dobíjení elektrobusů, které jsou v provozu pouze přes den a v noci jsou odstaveny. Projektová dokumentace řeší návrh konkrétních prvků pro správnou funkčnost a kapacitu. Je navržena trafostanice (kiosková stanice, transformátor, VN a NN rozvaděče, kabelové trasy a oprava veřejného osvětlení v místě dobíjecích stanic). Dokumentace je zpracována v softwaru, který jsem měl k dispozici (AutoCAD LT 2021, Sichru a MS Office 365).

Předposlední, čtvrtá kapitola obsahuje samotnou projektovou dokumentaci od zadání přes přípravu projekční činnosti, základní údaje o stavbě, konceptu řešení včetně uzemnění a vnějšího systému ochrany LPS.

Poslední, pátá kapitola obsahuje kalkulaci investičních nákladů na výstavbu jednotlivých částí projektu (kiosková trafostanice, dobíjecí stanice, rozvaděč RMS1, oprava VO, kabelové trasy a ostatní náklady) a harmonogram výstavby, z kterého je patrné, že celková výstavba včetně projekčních prací a územního řízení bude trvat 192 dní.

Navržený projekt, který jsem vyhotovil, není možné využít univerzálně pro kterékoliv MHD. Každé město má své specifika, požadavky, počet linek, dopravní podmínky apod. Z tohoto vyplývá, že každý projekt je jedinečný.

V grafech v příloze H obrázek 1 a obrázek 2 jsou porovnány spotřeby energie různých pohonu pro autobusy a porovnání emisní náročnosti pro ovzduší. Z těchto obrázků jasně vyplývá, že elektrobusy společně s trolejbusy spotřebovávají nejméně energie a lokální emise jsou nulové. Podle zdrojů Evropské unie se celkové emise a skleníkové plyny pohybují u elektrobusů na polovičních hodnotách než dieselové autobusy. Toto je taky hlavní důvod, aby se elektrobusy využívaly v historických centrech, v místech s velkou hustotou zalidnění a průmyslových aglomerací, které jsou již zatížené emisemi a hlukem.

Díky dotacím Evropské unie je možné dieselové autobusy nahradit elektrobusy, jelikož dlouhodobý provoz a pořizovací náklady na výměnu vozového parku je velice nákladný.

Domnívám se, že se jedná díky Evropským dotacím o ideální možnost pro další výzkum a inovace v městské hromadné dopravě. Pokud budou vyvinuty baterie, které budou výkonnější a s větší životností, stane se tento způsob dopravy nejen ekologickým pro města, ale i levnějším.

Do budoucna bych pro efektivnější dobíjení elektrobusů navrhoval vybudování velkokapacitního úložiště (baterie), která by byla neustále dobíjená z trafostanice a nedocházelo by k nárazovým odběrům elektrické energie z distribuční sítě. Přenos elektrické energie z velkokapacitního úložiště do baterii elektrobusů by byl prováděn stejnosměrným napětím, které by bylo mnohonásobně rychlejší. Pro dobíjení velkokapacitní baterie by se mohly v budoucnu vybudovat solární panely, které by byly umístěny na zastřešení autobusových nástupišť, tím by se výrazně snížily náklady na elektrickou energii.

Použitá literatura

- [1] Zákon č. 360/1992 Sb., o výkonu povolání autorizovaných architektů a o výkonu povolání autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1992, 73/1992
- [2] Vyhláška č. 50/1978 Sb., Vyhláška Českého úřadu bezpečnosti práce a Českého báňského úřadu o odborné způsobilosti v elektrotechnice. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1978, 11/1978
- [3] Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 1997, 6/1997
- [4] Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2000, 131/2000
- [5] Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon). In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2006, 63/1978
- [6] Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2006, 163/2006
- [7] KUDA, František. *Projektová dokumentace staveb* [online]. Ostrava: Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava, 2015 [cit. 20. 3. 2021]. Dostupné z: http://fast10.vsb.cz/kuda/Ekonomika/Eko%20ve%20v%FDstavb%EC/P%F8edn%E1%9Aky%202012/03_Projektov%E1%20dokumentace%20staveb.pdf
- [8] proelektrotechniky.cz. *ABB HVC-Overnight Charging: řešení pro noční nabíjení velkých parků elektrobuseů*. [Online] 2017. [cit.: 20. 3. 2021]. Dostupné z: <http://www.proelektrotechniky.cz/elektromobilita/325.php>
- [9] famatel.cz PROFESSIONAL. *v390 - ZSF20101000.1 /3958 Zás.skříň IP44 jištěná s chráničem 40/4/003 (ekon. varianta)*. [Online] 2021. [cit.: 20. 3. 2021]. Dostupné z: <https://www.eshop.famatel.cz/v390-zsf20101000-1-3958-zas-skrin-ip44-jistena-s-chranicem-40-4-003-ekon-varianta>
- [10] AtlasLokomotiv.net. *Sběrače, odpojovače, uzemňovače*. [Online], 2004-2021. [cit.: 1. 4 2021]. Dostupné z: <http://www.atlaslokomotiv.net/page-sberace.html>
- [11] Černý, Jan. *Analýza možností zvýšení dojezdů elektrobuseů v městské hromadné dopravě osob*. 2016
- [12] Elektro revize Bureš. *Trafostanice - trafostaniční stanice*. [Online] 2012. [cit.: 13. 2 2021]. Dostupné z: <http://www.elektrorevizebures.cz/trafostanice.html>
- [13] EEIKA Brno, s.r.o. *Stožárové trafostanice*. [Online] 2019. [cit.: 22. 2 2021]. Dostupné z: <https://www.eeika.cz/cs/produkty-a-sluzby/ostatni-produkty-a-sluzby/stozarove-trafostanice>
- [14] EEIKA Brno, s.r.o. *Kioskové trafostanice*. [Online] 2019. [cit.: 22. 2 2021]. Dostupné z: <https://www.eeika.cz/cs/produkty-a-sluzby/kioskove-trafostanice>
- [15] EEIKA Brno, s.r.o. *Zděné trafostanice*. [Online] 2019. [cit.: 22. 2 2021]. Dostupné z: <https://www.eeika.cz/cs/produkty-a-sluzby/ostatni-produkty-a-sluzby/zdene-trafostanice>
- [16] Elektroenergetika 1. *Elektrické sítě a vodiče*. [Online] [Citace: 19. 4 2021]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/260/01.html>

- [17] SOR EBN8 / EBN 9,5/EBN 11. *SOR Libchavy spol. s r.o.* [Online] [cit.: 10. 4 2021]. Dostupné z: https://www.sor.cz/wp-content/uploads/2017/09/EBN_8-95-11_CZ_LoRes.pdf
- [18] HRIVNÁK B., KOUCKÝ S. *T50801 Technické podmínky NSP25*. In: RAIL ELECTRONICS CZ s.r.o. 5.6.2019
- [19] KOUNICKÝ S., PINTR K. *T624001_RNS 32 Technická_data.docx*. In: RAIL ELECTRONICS CZ s.r.o. 8.3.2020
- [20] Elpro-Energo. *Praktické srovnání provozu suchých a olejových transformátorů SGB*. [Online] [cit.: 22. 4 2021.] Dostupné z: <https://www.elpro-energo.cz/download/prakticke-srovnani-provozu.pdf>
- [21] Seznam.cz. *Mapy.cz*. [Online], 2021. [cit.: 19. 4 2021.] Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?x=14.4821000&y=50.1433000&z=11>
- [22] Slavík, J. *Čisté autobusy do chytrého města*. [Online] 20. 9 2016. [cit.: 4. 4 2021.] Dostupné z: http://www.smartcityvpraxi.cz/rozhovory_komentare_9.php

Seznam příloh

Příloha A	Projektová dokumentace
Příloha B	Kalkulace nákladů
Příloha C	Výpočet sítě NN
Příloha D	Pomalá dobíjecí stanice NSP 25
Příloha E	Rychlá dobíjecí stanice RNS32
Příloha F	Katalogový list kioskové trafostanice UKL 3119L
Příloha G	Katalogový list transformátoru
Příloha H	Graf emisí